В. В. ФРОЛОВ



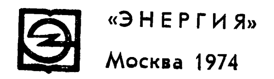
ЯЗЫК РАДИОСХЕМ

МАССОВАЯ
РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 859

В. В. ФРОЛОВ

ЯЗЫК РАДИОСХЕМ


«ЭНЕРГИЯ»
Москва 1974

6Ф2
Ф91
УДК 621.396.6

Фролов В. В.

Ф 91 Язык радиосхем. М., «Энергия», 1974.

96 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека, вып. 859)

Цель книги — помочь людям, начинающим заниматься радиотехникой и электроникой, научиться понимать язык современных электрических схем. В книге рассказывается об основных видах электрических схем, используемых в них условных графических обозначениях, приводятся краткие сведения об устройстве и назначении различных радиодеталей и устройств.

Книга может быть полезна радиолюбителям и специалистам, так как в ней нашли отражение Государственные стандарты «Единая система конструкторской документации» (ЕСКД).

Ф $\frac{30404\text{-}342}{051(01)\text{-}74}$ 289-74 6Ф2

ВВЕДЕНИЕ

Вторую половину двадцатого столетия часто называют эпохой радиоэлектроники. Действительно, в наши дни нет такой отрасли народного хозяйства, науки и культуры, где бы радиоэлектронные средства не нашли самого широкого применения.

Интенсивное проникновение радиоэлектроники во все сферы человеческой деятельности привело к тому, что с электронными приборами сталкиваются люди всех профессий и специальностей, а пользоваться радиоприемником, телевизором или магнитофоном в наши дни умеют даже дети дошкольного возраста. Но одно дело — научиться правильно пользоваться тем или иным радиоприбором, и совсем другое — уметь при необходимости отремонтировать его, усовершенствовать или сконструировать новый радиоприемник, усилитель или другое радиоустройство. Здесь уже надо знать назначение радиоэлементов, из которых строятся радиоприборы, и способы соединения их между собой. Об этом можно прочитать в сотнях книг по радиотехнике и электронике, издающихся в нашей стране. Чтобы читать эти книги, надо знать язык электрических схем.

Электрические схемы — это чертежи, на которых составные части приборов (отдельные электро- и радиоэлементы или целые группы элементов, выполняющие самостоятельные функции) и связи (соединения) между ними показаны условно. В зависимости от назначения электрические схемы делятся на структурные, функциональные, принципиальные и др.

Наиболее полное представление о принципе действия радиоприбора дает электрическая принципиальная схема. На ней все электро- и радиоэлементы — эти «кирпичики», из которых строятся все радиоприборы, — изображены в виде специальных условных знаков — символов. Система символов, называемых условными графическими обозначениями, образует своеобразную азбуку электрических схем.

Системы символов применяют во многих отраслях науки, техники и культуры. Так, в химии символами обозначают химические элементы и связи между ними в молекулах, в географии — населенные пункты, порты, дороги, государственные границы и многое другое, в музыке — звуки, их характер и т. д.

Но в радиотехнике и электронике условные графические обозначения играют, пожалуй, наибольшую роль. Например, чтобы разобраться в устройстве кинопроектора или подъемного крана, достаточно иметь их сборочные чертежи с необходимым числом разрезов и чертежи отдельных деталей. Подобные же чертежи (например, сборочные и электромонтажные) применяют и в радиотехнике, чтобы показать расположение деталей на шасси или панели прибора, способы их крепления и соединения (провода, кабели, жгуты). Однако составить представление о принципе действия приборов по этим чертежам нельзя. Для этой цели предназначены электрические схемы, на которых, как уже говорилось, радиодетали, целые группы их и все электрические соединения обозначены условно.

Появились электрические схемы не сразу. На заре развития радиотехники для изображения устройства того или иного радиоаппарата рисовали все его детали и соединения между ними с натуры. С годами радиоприборы становились сложнее, и изображать их устройство таким способом стало просто невозможно. Рисунки отдельных деталей стали упрощать,

опуская второстепенные подробности, но сохраняя и подчеркивая основную их идею. Так, катушку, представляющую собой изолированный провод, намотанный на каркас из изоляционного материала, стали изображать в виде спиральной линии, конденсатор, в простейшем виде состоящий из двух групп изолированных обкладок — в виде аксонометрического рисунка двух параллельных пластин, а затем — просто двумя параллельными утолщенными черточками и т. д. Для изображения некоторых радиодеталей предлагалось несколько условных рисунков-символов, но «выжили» из них наиболее простые в начертании, которые хорошо передают основную идею радиодетали и легко запоминаются.

По мере развития радиотехники и электроники становилось все более очевидным, что для правильного и однозначного чтения электрических схем нужна единая система условных графических обозначений. Отсутствие такой системы затрудняло обмен информацией как в пределах страны, так и между специалистами разных стран. Инициаторами создания систем условных обозначений выступили производственные предприятия, технические журналы и издательства, которые стали разрабатывать и внедрять в практику нормативные документы на условные обозначения в схемах. В наши дни работы по стандартизации графических обозначений и правил выполнения схем ведутся во всех промышленно развитых странах специально созданными для этой цели организациями.

Развитие международной торговли и научно-технического сотрудничества поставило на повестку дня проведение этих работ и в международном масштабе. Условными графическими обозначениями и правилами выполнения электрических схем занимаются третий технический комитет Международной электротехнической комиссии (МЭК) и постоянная комиссия по стандартизации Совета Экономической Взаимопомощи (СЭВ) социалистических стран.

В СССР работы по стандартизации условных графических обозначений и правил выполнения схем начались более 20 лет назад. Основы современной системы обозначений были заложены в междуведомственных нормалях «Система чертежного хозяйства» (МН СЧХ), действовавших в радиоэлектронной промышленности в период с 1952 по 1963 г. На ряд условных обозначений (в основном для элементов электротехнических схем) в 1955 г. был разработан ГОСТ 7624-55. На смену ему пришел более обширный и совершенный ГОСТ 7624-62, введенный в действие в 1964 г. Этот стандарт действовал до 1 января 1971 г., когда была введена Единая система конструкторской документации (ЕСКД), составной частью которой являются Государственные стандарты на условные графические обозначения в схемах и стандарты на правила выполнения схем. Стандарты ЕСКД обязательны для применения во всех отраслях промышленности. Отступления от них, как и от всякого Государственного стандарта, рассматриваются как нарушение закона.

В этой книге речь пойдет о единой системе условных графических обозначений в электрических схемах, о принципах их построения, о видах и назначении схем, об основных правилах их построения и чтения.

Когда радиотехника и электроника делали первые шаги и арсенал их был невелик, набор условных графических обозначений — эта своеобразная азбука радиосхем — умещался на одной-двух страницах книги или журнала. Сборник стандартов ЕСКД на условные графические обозначения содержит более трехсот страниц, где помещено более тысячи символов. Очевидно, что запомнить такое количество обозначений было бы просто невозможно, если бы стандарты устанавливали условные обозначения для каждой разновидности электрорадиоэлементов и устройств. Поэтому единая система условных обозначений построена в основном так называемым поэлементным способом: стандарты ЕСКД устанавливают условные обозначения базовых (основных) элементов символов, пользуясь которыми можно построить обозначения любых радиодеталей и устройств.

1. ВИДЫ СХЕМ

Прежде чем рассматривать различные типы схем, применяемых в радиоэлектронике, целесообразно познакомиться с некоторыми терминами, установленными ГОСТ 2.701-68, для обозначения составных частей радиоэлектронных устройств и приборов. Согласно этому стандарту составную часть радиоэлектронного прибора, которая выполняет определенную функцию и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное функциональное назначение (резистор, конденсатор, транзистор, электронно-лучевая трубка и т. д.), называют элементом; совокупность элементов, объединенных в единую конструкцию (ячейка, блок и т. п.), — устройством; совокупность элементов, не объединенных в единую конструкцию, но выполняющих совместно определенную функцию (УНЧ, модулятор, триггер и т. п.) — функциональной группой. Любую из перечисленных составных частей будем называть функциональной частью, если элемент, устройство или функциональная группа выполняют в радиоэлектронном приборе определенные функции.

Самые общие сведения о радиоэлектронном приборе содержит структурная схема, на которой показаны основные функциональные части прибора и связи между ними. До введения ЕСКД такие схемы называли скелетными схемами или блок-схемами. В современной радиоэлектронике блоком принято называть часть прибора, выполненную в виде отдельной законченной конструкции. Одни блоки (например, блок усилителя, блок питания) имеют самостоятельное функциональное назначение, другие (например, блоки, объединяющие в своем составе элементы разных функциональных групп) его не имеют. Следовательно, схемы, показывающие функциональные части, их назначение и взаимосвязи, блок-схемами называть нельзя. Именно поэтому в ЕСКД схемы такого типа названы структурными.

Структурные схемы составляют на первых этапах проектирования радиоэлектронных приборов, когда укрупненно определяются функциональные части, необходимые для решения задач, поставленных в техническом задании на разработку. Этими схемами широко пользуются для ознакомления с принципами работы приборов при эксплуатации, а также в технической литературе.

Представим себя на некоторое время в роли проектировщиков, получивших задание разработать простое радиоприемное устройство для уверенного приема на головные телефоны сигналов местных радиостанций. Очевидно, такое устройство должно содержать антенну, колебательный контур для выделения сигналов выбранных радиостанций, детектор для преобразования модулированных высокочастотных сигналов в колебания низкой частоты, усилитель низкой частоты с источником питания и телефон. Изобразим все названные части приемника в виде прямоугольников, соединим их прямыми линиями со стрелками, показывающими направление передачи сигнала от одной функциональной части к другой, и впишем в прямоугольники наименования частей, которые они изображают. В результате получим структурную схему приемного устройства, показанную на рис. 1.

Может возникнуть вопрос: почему прямоугольники, обозначающие части приемника, расположены не в каком-либо ином порядке? Ответ простой: расположение прямоугольников на схеме соответствует последовательности преобразования сигнала, а чтобы это было наиболее наглядно, все прямо-

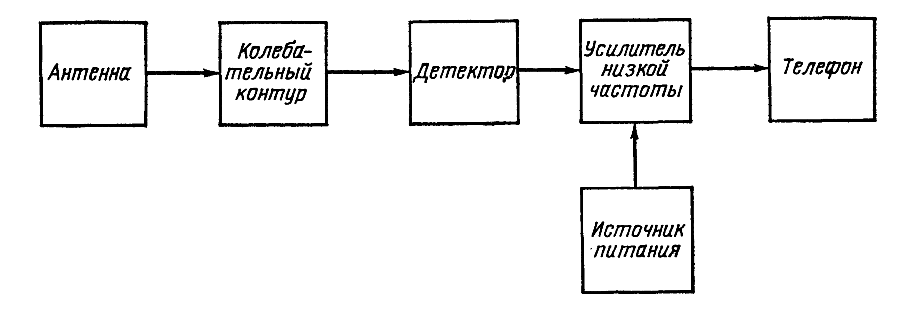


Рис. 1.

угольники, за исключением обозначающего источник питания, расположены в один ряд слева направо. Источник питания непосредственно в преобразовании сигнала не участвует, поэтому его обозначение помещено под усилителем.

Из структурной схемы приемного устройства видно, что принятые антенной высокочастотные колебания поступают в колебательный контур, где происходит отделение колебаний выбранной радиостанции от других. Из колебательного контура высокочастотный сигнал подается на детектор, в котором он преобразуется в электрические колебания низкой частоты. Эти колебания усиливаются усилителем низкой частоты и поступают в телефон, где преобразуются в звуковые колебания. Питание усилителя низкой частоты осуществляется от источника питания.

Таким образом, не зная еще, из каких именно элементов будет собран приемник и как они будут соединены между собой, по структурной схеме можно рассказать, конечно в самых общих чертах, о принципе работы приемного устройства, назначении его функциональных частей и их взаимосвязи. Судить же об особенностях функциональных частей и деталях, из которых они состоят, процессах, происходящих в отдельных частях и приемном устройстве в целом, по структурной схеме нельзя. Для этой цели предназначены электрические принципиальные схемы, на которых показывают все элементы радиоэлектронных устройств и все связи между ними.

На рис. 2 показана принципиальная схема приемника, структурная схема которого приведена на рис. 1. Здесь все элементы приемника изображены условно в виде стандартных графических символов. Прямоугольники обозначают резисторы, две параллельные утолщенные черточки — конденсаторы, четыре полуокружности, расположенные по одной линии, — катушку и т. д. Характерными особенностями условных графических обозначений являются их простота и наглядность. При этом графические обозначения конденсатора, резистора, транзистора, телефона, катушки и других элементов совершенно непохожи друг на друга и, кроме того, отличаются размерами и толщинами линий, которыми они выполнены. Обозначения конденсаторов постоянной и переменной емкости отличаются только тем, что последний перечеркнут наклонной стрелкой, обозначающей регулирование (в данном случае регулирование емкости).

Все элементы приемника показаны на схеме с тем количеством выводов, которое имеется у реальных деталей, а выводы соединены между собой определенным образом, что дает возможность проследить по схеме электрические цепи, понять происходящие в приемнике процессы. Электрические соединения показаны на схеме точками в местах пересечения линий, изображающих проводники. Рядом с условными обозначениями элементов проставлены их позиционные обозначения, состоящие из одной или нескольких букв, присвоенных данному виду деталей (*R* — резистор, *C* — конденсатор, *L* — катушка, *Ан* — антенна, *T* — транзистор, *Тф* — телефон, *Э* — гальванический

элемент, *Д* — полупроводниковый диод, *В* — выключатель), и цифр, обозначающих номера однотипных элементов на схеме.

Из принципиальной схемы приемника видно, что колебательный контур состоит из соединенных параллельно катушки с ферритовым сердечником (утолщенная линия, параллельная символу катушки) и конденсатора переменной емкости *C1*. Детектор, состоящий из диода *Д1*, резистора *R1* и конденсатора *C2*, подключен к отводу катушки *L1*, а сигнал с его выхода через конденсатор *C3* поступает на базу транзистора *T1*, работающего в каскаде усиления низкой частоты. В цепь коллектора транзистора включен телефон *Тф1*. Питание транзистора осуществляется от гальванического элемента *Э1* через выключатель *В1*, контакты которого показаны на схеме в разомкнутом состоянии. Это одно из правил, которыми руководствуются при составлении схем: их всегда вычерчивают в виде, соответствующем отключенному состоянию приборов.

Из принципиальной схемы можно узнать о типах примененных полупроводниковых приборов (диод Д9Б, транзистор МП41), о сопротивлениях резисторов и емкостях конденсаторов (указаны рядом с их позиционными обозначениями), мощностях рассеяния резисторов (наклонная черточка внутри символа резистора обозначает мощность 0,25 Вт), напряжении источника питания (1,5 В), а также о некоторых других особенностях элементов. Так, например, две полуокружности и черточка внутри символа телефона указывают, что телефон электромагнитный. В то же время на схеме нет указаний о конструкции и размерах элементов. Действительно, чтобы рассматривать процессы, происходящие в приемнике или другом радиоприборе, нет необходимости знать, как выполнена, например, катушка (диаметр каркаса, марка провода, однослойная или многослойная намотка и т. п.), какую конструкцию имеет конденсатор переменной емкости, каковы размеры и форма источника питания, резисторов, телефона и т. п. Если бы эти сведения указывались на схемах, они только отвлекали бы внимание на ненужные подробности, что в значительной мере затруднило бы пользование схемами.

При разработке конструкций радиоэлектронных приборов руководствуются требованиями удобства пользования ими, удобства монтажа, обеспечения свободного доступа к элементам при настройке и ремонте. Из этих соображений элементы, относящиеся к какому-либо каскаду прибора, размещают в подчас далеко отстоящих друг от друга местах шасси или панели, а элементы разных каскадов — в одном месте. В других случаях размещение элементов диктуется требованием свести к минимуму паразитные связи между ними (например, в многокаскадных усилителях высокой частоты), необходимостью обеспечения минимальных габаритов прибора и т. д.

Вместе с тем условные графические обозначения элементов на принципиальных схемах располагают так, чтобы они давали наиболее наглядное

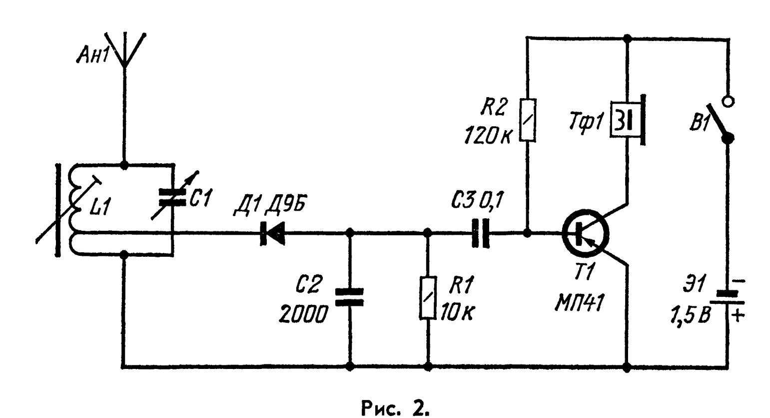


Рис. 2.

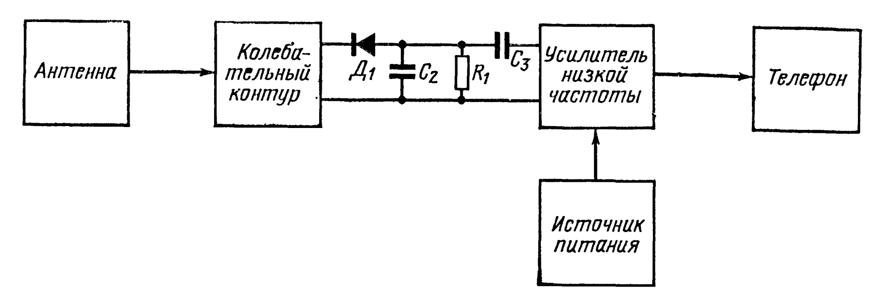


Рис. 3.

представление о процессах, протекающих в приборе. Для этого взаимодействующие элементы, выполняющие совместно определенную функцию (например, элементы колебательного контура, усилителя низкой частоты и т. д.), изображают на близком расстоянии друг от друга, а функциональные группы располагают в порядке последовательности преобразования сигнала. При этом входные цепи (антенна, колебательный контур) изображают в левой, а выходные (усилитель низкой частоты, громкоговоритель) — в правой частях схемы.

Все электрические связи показывают на принципиальной схеме, как правило, в виде горизонтальных и вертикальных линий, при этом условные графические обозначения располагают так, чтобы эти линии были по возможности более короткими и не пересекались. Таким образом, расположение условных обозначений элементов на принципиальной схеме ни в какой мере не может отражать размещения элементов в приборе и подчинено только требованию удобства чтения схемы.

Принципиальные схемы используют при изготовлении, налаживании, контроле, эксплуатации и ремонте радиоаппаратуры. Схемы эти являются иногда единственными документами, по которым можно изучить принцип действия, найти и устранить неисправность, возникшую в радиоприборе. На основе принципиальных схем разрабатывают конструкцию приборов, и, наконец, их применяют в учебных пособиях и другой радиотехнической литературе.

Но принципиальные схемы не всегда удобны для изучения работы сложного прибора, состоящего из большого числа элементов. В этом случае, пользуясь только принципиальной схемой, на которой показаны все элементы и все соединения между ними, очень трудно разобраться в процессах, протекающих в отдельных частях и приборе в целом, выяснить роль функциональных групп и отдельных элементов в этих процессах. Иначе говоря, принципиальная схема в таком случае оказывается излишне подробной, содержит избыточную информацию. Вместе с тем структурная схема, укрупненно показывающая функциональные части прибора, является недостаточно подробной для изучения процессов, протекающих в приборе.

Поэтому получили распространение ф у н к ц и о н а л ь н ы е с х е м ы, занимающие промежуточное положение между принципиальными и структурными схемами и совмещающие в себе характерные особенности обеих. Функциональные схемы используют при производстве и эксплуатации радиоаппаратуры; составление их часто необходимо при проектировании радиоприборов перед разработкой принципиальных схем.

Части приборов, назначение которых не требует особых пояснений, обозначают при проектировании радиоприборов на функциональных схемах, так же как и на структурных схемах, в виде прямоугольников (как исключение усилители иногда изображают на структурных и функциональных схемах в виде треугольников), группы же элементов и отдельные элементы, участвующие в процессах, протекающих в приборе, и выполняющие в них главную роль, изображают в развернутом виде с использованием условных графиче-

ских обозначений, принятых для принципиальных схем. Так, если бы потребовалось пояснить процесс детектирования в простом радиоприемнике и роль элементов детекторного каскада в этом процессе, можно было бы ограничиться раскрытием содержания только этого каскада, а остальные изобразить, как и на структурной схеме, прямоугольниками с соответствующими надписями (рис. 3).

Рассмотренные типы схем предназначены в основном для изучения принципа работы того или иного прибора и в зависимости от типа дают наглядное представление о его функциональной или поэлементной структуре.

Другое дело, когда речь идет об изготовлении прибора, его налаживании, контроле и ремонте в процессе эксплуатации. Чтобы смонтировать прибор, правильно его отрегулировать, найти и заменить вышедший из строя в процессе производства или эксплуатации элемент, отыскать в приборе тот или иной проводник и проверить его целостность, нужен чертеж, на котором показаны провода, жгуты, кабели, которыми выполнены все соединения между элементами, места их подключения (зажимы, разъемы, проходные изоляторы и т. п.), и, кроме того, показано примерное расположение элементов в приборе.

Таким чертежом является схема электрических соединений. Ее элементы, как и на принципиальной схеме, изображают в виде условных графических обозначений, а в некоторых случаях в виде упрощенных контурных рисунков реальных элементов. Возле условных обозначений указывают позиционные обозначения элементов в соответствии с принципиальной схемой и их типы (иногда и номинальные параметры), показывают маркировку выводов, если она нанесена на самих элементах (в некоторых случаях маркировку показывают на схеме, даже если ее нет на элементе), цоколевки электронных ламп и т. п. Все провода, жгуты и кабели показывают, как правило, отдельными линиями, но, чтобы не загромождать схему большим количеством линий, идущих в одном направлении, их иногда сливают в одну. Вблизи мест подключения их снова разделяют и маркируют каким-либо образом, чтобы можно было проследить каждое соединение в отдельности.

Схема соединений в простом приемнике, приведенная на рис. 4, наглядно иллюстрирует сказанное. Кроме элементов, изображенных на принципиальной схеме, на рис. 4 показаны и другие детали, не играющие роли при изучении принципа действия приемника, но необходимые для выполнения его

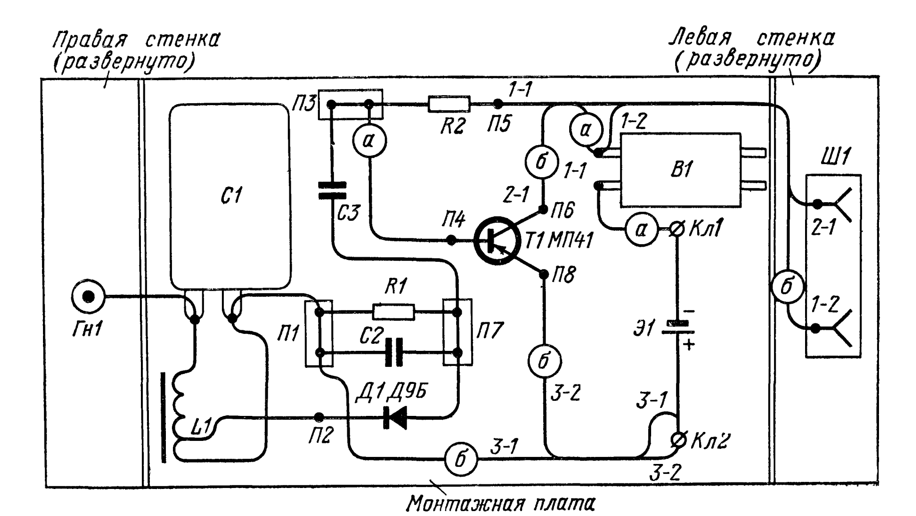


Рис. 4.

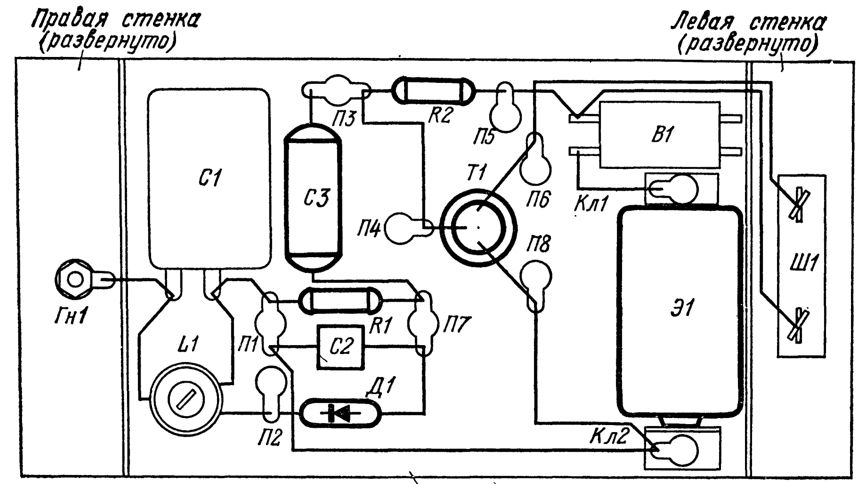


Рис. 5.

монтажа и эксплуатации. Это гнездо *Гн1* для подключения антенны, двух-гнездная колодка *Ш1* для включения штепсельной вилки телефона, зажимы *Кл1* и *Кл2* для присоединения элемента питания, монтажные лепестки *П1—П8*. Большинство деталей приемника смонтировано на монтажной плате. Исключение составляют гнездо *Гн1* и колодка *Ш1*, установленные на боковых стенках корпуса. Для удобства пользования схемой стенки корпуса вместе с этими деталями условно развернуты в плоскость чертежа, о чем говорят соответствующие надписи на схеме. Таким приемом пользуются и при вычерчивании схем соединений более сложных приборов.

Если число проводов, жгутов и кабелей невелико, их данные указывают около линий, изображающих соединения, если же их много, то данные сводят в таблицу, в которой указывают номера проводов, адреса их подключения (устройство, элемент, контакт), марку, сечение и цвет. В нашем примере число соединений невелико, поэтому данные проводов указаны непосредственно на схеме приемника (буквы *а* и *б* в кружках, изображенных в разрывах линий связи, обозначают медный луженый одножильный провод диаметром 0,5 мм и многожильный провод в полихлорвиниловой и шелковой изоляции МГШВ сечением 0,14 мм^2 соответственно).

Как уже говорилось, в некоторых приборах расположение элементов и соединительных проводников должно строго соблюдаться. Такие приборы невозможно правильно смонтировать, пользуясь даже схемой соединений. Мало помогают такие схемы и в серийном производстве, когда монтаж всех приборов должен быть идентичным и соответствовать утвержденному образцу, по которому осуществляются контроль и приемка готовых изделий.

В подобных случаях применяют электромонтажные чертежи, на которых изображают не только детали, провода, жгуты и кабели, но и приводят все необходимые данные для производства монтажа. Электромонтажные чертежи выполняют в том же масштабе, что и сборочные. В отличие от схем соединений элементы приборов на электромонтажных чертежах изображают в виде контурных очертаний, сохраняя внешнее сходство изображений с самими элементами, и, что самое главное, располагают их, как правило, на тех же местах шасси или панели, где они размещены в самом приборе. Только в случаях, когда отдельные элементы закрывают друг друга, их изображения смещают, чтобы показать скрытые соединения, но при этом

над смещенными изображениями обязательно помещают надпись «изделие смещено». Для большей выразительности чертежа контуры электро- и радиоэлементов, устанавливаемых при сборке, предшествующей монтажу, изображают тонкими линиями, а элементы, устанавливаемые при монтаже, — линиями нормальной толщины. Как и на схемах соединений, элементы, смонтированные на стенках, находящихся в разных плоскостях, разворачивают вместе с ними в плоскость чертежа. Электромонтажный чертеж приемника приведен на рис. 5.

Рассмотренные схемы внутриприборных или внутренних соединений применяют редко. Более широко распространены в радиоприборостроении схемы внешних соединений. Такие схемы разрабатывают обычно для сложных приборов (установок), чтобы показать соединения между блоками, пультами и другими входящими в них устройствами. На схемах внешних соединений составные части установки изображают в виде прямоугольников, но в отличие от структурных схем показывают все связи между ними с указанием марок проводов и кабелей, а также все места их подключения (разъемы, колодки с контактами, проходные изоляторы и т. п.). На основе этих схем разрабатывают чертежи прокладки и крепления проводов, жгутов и кабелей, соединяющих устройства, входящие в установку. Схемами внешних соединений пользуются также при монтаже, наладке, контроле, эксплуатации и ремонте. Нередко такая схема является единственным документом, на котором показаны электрические соединения между блоками установки или системы, так как полные принципиальные схемы на такие сложные приборы обычно не разрабатывают.

На практике встречаются случаи, когда необходимо показать внешние соединения какого-либо прибора, указать, какими проводами или кабелями и куда он должен быть подключен. Для этой цели разрабатывают схемы подключения. Прибор, для которого такая схема выпускается, изображают в виде прямоугольника, а его входные и выходные элементы (разъемы, колодки, зажимы и т. п.) — в виде условных графических обозначений, причем последние размещают внутри контура прибора примерно так же, как это имеет место и в самом приборе. Провода и кабели показывают на этих схемах отдельными линиями с указанием «адресов» их внешнего подключения. При необходимости указывают также марки, сечения и расцветку проводов, а также характеристики и наименования внешних цепей (напряжение, частота, вид сигнала и т. п.).

В радиоприборостроении пользуются и другими типами схем, например общими, комбинированными, совмещенными и схемами расположения. Так, для наглядного представления о составных частях сложных радиотехнических и электронных систем (приборов, пультов, стоек и т. п.) и соединениях между ними на месте эксплуатации служат общие схемы. Пользуются такими схемами при ознакомлении с системами, а также при контроле и эксплуатации.

Схемы расположения имеют основной целью показать взаимное расположение составных частей изделия (например, блоков в стойке). В некоторых случаях на них изображают также помещение или местность, где эти составные части расположены.

Некоторые радиоприборы содержат в своем составе электрические и неэлектрические элементы, взаимодействующие определенным образом при работе. Чтобы дать полное представление об устройстве и принципе действия таких приборов, используют комбинированные схемы, на которых показывают все элементы прибора и все существующие в самом приборе связи между элементами.

Иногда на одном чертеже помещают схемы двух типов, например принципиальную схему и схему соединений. В ряде случаев это представляет определенные удобства для ознакомления с устройством прибора, а также при его настройке или ремонте. Такие схемы получили название совмещенных. Каждая схема в этом случае выполняется по правилам, установленным стандартом для соответствующих типов схем.

2. УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА СТРУКТУРНЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМАХ

Отмечалось, что на структурных схемах показывают укрупненные функциональные части прибора. Такими частями могут быть и функциональные группы (мультивибратор, усилитель и т. п.), и устройства (блок питания, полосовой фильтр и т. п.), и отдельные элементы (электроннолучевая трубка, громкоговоритель и т. п.). Функциональные группы и устройства изображают на структурных схемах в виде прямоугольников и квадратов, элементы — в виде условных графических обозначений, принятых для принципиальных схем. Чтобы отличить на схеме одну функциональную часть прибора от другой, внутри квадратов и прямоугольников помещают надписи, указывающие наименование частей. Когда число функциональных частей велико, надписи заменяют порядковыми номерами, а расшифровку их дают в таблице, помещаемой рядом со схемой.

Но, если условные графические обозначения принципиальных схем хорошо запоминаются и на их узнавание затрачивается очень небольшое время, прямоугольники и квадраты, обозначающие функциональные части, выглядят однообразно. С целью повышения наглядности структурных схем внутри прямоугольников и квадратов стали помещать различные знаки, придающие условным обозначениям индивидуальность и мнемоничность. Однако до 1971 г. в стране не существовало стандарта, устанавливающего единую систему условных обозначений этого вида.

В ЕСКД обозначения для структурных и функциональных схем устанавливает ГОСТ 2.737—68. Базовым (основным) элементом обозначения любой функциональной части прибора является квадрат, прямоугольник или треугольник. Назначение той или иной части прибора указывают расположенные внутри ее обозначения: специальные знаки, буквы, знаки рода тока и напряжения, упрощенные изображения осциллограмм, графиков и т. д. Например, генератор изображают в виде квадрата с буквой *Г*, а в квадрат, обозначающий усилитель, помещают треугольник, острие которого обращено в сторону передачи сигнала. В квадрат, обозначающий фильтр, помещают наискось перечеркнутый знак ~ (синусоида), в записывающее или воспроизводящее устройство (магнитофон) — обозначение акустической головки («утюжок») и т. д. (рис. 6).

С помощью специальных знаков можно охарактеризовать принцип действия устройства. Например, если необходимо указать, что устройство предназначено для записи (приема), то на нижней стороне квадрата или на линии электрической связи изображают точку и стрелку (рис. 7), острие которой направлено от источника сигнала (по схеме). В условном обозначении воспроизводящего устройства (приемника) стрелка имеет обратное направление, а в обозначении устройства, предназначенного для записи и воспроизведения (передачи и приема), изображают две разнонаправленные стрелки, но без точки.

Если нужно указать форму генерируемых колебаний, внутри квадрата, кроме буквы *Г*, помещают знаки, упрощенно воспроизводящие осциллограммы напряжений синусоидальной (~), прямоугольной (⎍), пилообразной (M) или другой соответствующей формы (рис. 8).

Один прибор иногда может содержать несколько генераторов, работающих на разных частотах или в разных диапазонах частот. В этом случае в условном обозначении генератора изображают два или три знака синусоиды, что позволяет отличить генераторы звуковой (≈) и радиочастоты (≋) от генератора низкой (промышленной) частоты (~). Если частоту генератора можно изменять, знак синусоиды в условном обозначении перечеркивают знаком регулирования — стрелкой, направленной под углом 45°. Как будет показано далее, этот знак очень широко используется при построении условных графических обозначений, когда необходимо показать регулирование параметра элемента или устройства.

Просты и наглядны условные символы различных усилителей, которые можно также обозначать в ви-

де треугольника (рис. 9, **а**). Знаки, характеризующие вид усилителя или принцип его работы, стандарт разрешает указывать только в последнем обозначении. Например, если надо указать число каскадов усиления, внутри треугольника пишут соответствующую цифру (рис. 9, **б**), магнитный усилитель узнают по упрощенному символу магнитного усилителя: три слитно изображенные полуокружности, средняя из которых перечеркнута вертикальной чертой, обозначающей магнитопровод (рис. 9, **в**). Для обозначения регулируемых усилителей используют знак регулирования, пересекая им символ усилителя, как показано на рис. 9, **г**.

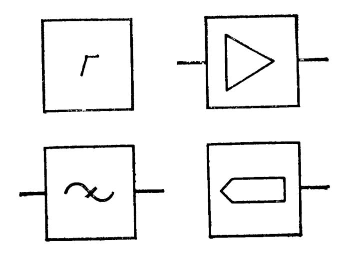
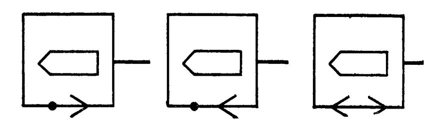


Рис. 6.


Рис. 7.

Для обозначения на структурных и функциональных схемах фильтров некоторое время использовали предельно упрощенные изображения их частотных характеристик. Однако эти обозначения были недостаточно наглядны, поэтому стандарт ЕСКД установил для фильтров новые легко запоминающиеся символы. Как известно, фильтры служат для разделения колебаний различных частот. Так, ф и л ь т р н и ж н и х ч а с т о т хорошо пропускает через себя все колебания, частоты которых ниже определенной, так называемой ч а с т о т ы с р е з а, и не пропускает колебания, частота которых выше ее. Чтобы выразить это свойство фильтра нижних частот на схеме, в его условном обозначении изображают две синусоиды, причем верхнюю из них перечеркивают (рис. 10, **а**). Это означает, что фильтр не пропускает высокие (выше частоты среза) частоты и, наоборот, пропускает низкие (ниже частоты среза) частоты (нижняя синусоида не перечеркнута). В ф и л ь т р е в е р х н и х ч а с т о т картина обратная. Перечеркнутая нижняя синусоида (рис. 10, **б**) говорит о том, что нижним частотам через фильтр пути нет, а высокие частоты проходят через него с незначительными потерями.

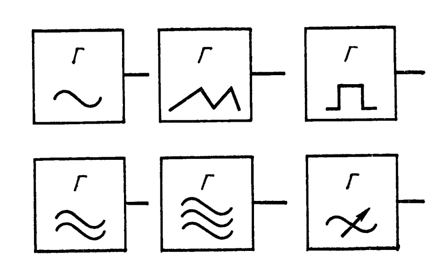


Рис. 8.

С учетом сказанного нетрудно понять условное обозначение полосового фильтра, предназначенного для выделения некоторой полосы частот, лежащих по обе стороны от частоты настройки (рис. 10, **в**). Режекторный фильтр (рис. 10, **г**) выпол-

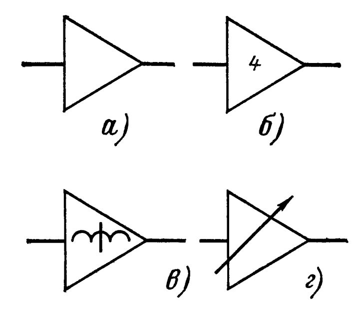


Рис. 9.

няет обратную задачу: свободно пропускает колебания всех частот, кроме определенной полосы, лежащей по обе стороны от частоты настройки.

В условных обозначениях фильтров мы впервые встретились со знаком отрицания (линия, перечеркивающая символ синусоиды). До последнего времени подобные знаки применяли только для обозначения стирающих магнитных головок (крестик) и фильтров сверхвысоких частот, подавляющих волны определенных типов (линия, пересекающая буквенное обозначение типа волны). В стандартах ЕСКД знаки отрицания в условных графических обозначениях встречаются чаще. Кроме указанных магнитных головок, знак отрицания использован в условных обозначениях подавителей помех. В зависимости от диапазона частот в символах этих устройств изображают одну, две или три синусоиды, перечеркивая их крестом. Знак, обозначающий боковую полосу частот с подавленной несущей, также содержит знак отрицания — наклонную черточку, пересекающую символ несущей частоты.

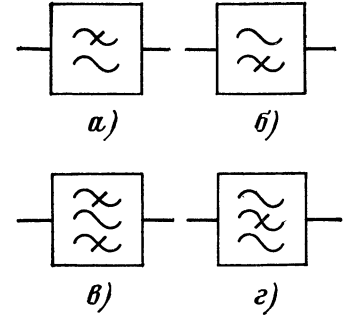


Рис. 10.

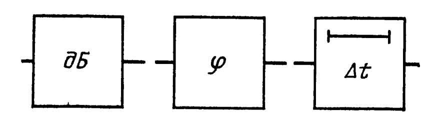


Рис. 11.

Очень просто построены условные графические обозначения устройств, предназначенных для ослабления сигнала (аттенюаторов), изменения его фазы (фазовращателей), задержки сигнала на определенный отрезок времени (линий задержки). Символы этих устройств (рис. 11) содержат буквенные обозначения соответствующих единиц измерения (дБ — децибел — логарифмическая единица, применяемая для выражения отношений напряжений и мощностей сигналов) или математических обозначений величин (φ — фаза сигнала, Δt — время задержки сигнала).

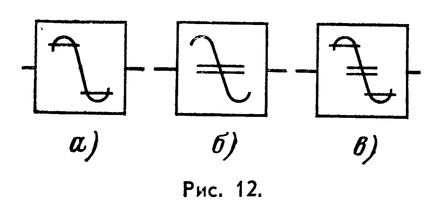


Рис. 12.

Условные обозначения ограничителей содержат символ синусоиды. Ограничители — это устройства для выделения части сигнала, лежащей ниже какого-то определенного уровня (часть, лежащая выше его, через ограничитель не проходит — срезается), либо выше определенного уровня (часть, лежащая ниже, срезается), либо части сигнала, лежащей между верхним и нижним уровнями. Уровни ограничения (среза) изображают отрезками горизонталь-

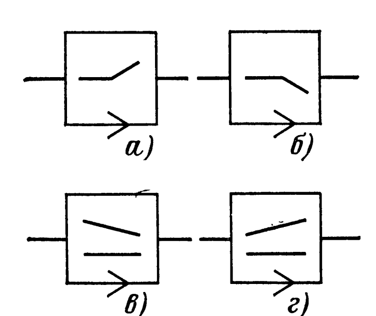


Рис. 13.

ных линий, пересекающими символ синусоиды. Условные обозначения ограничителей большого (**а**) и малого (**б**) сигналов, а также двустороннего (**в**) ограничителя показаны на рис. 12.

Устройства для коррекции частотных характеристик, для сжатия и расширения динамического диапазона сигнала изображают на схемах в виде квадрата, помещая внутри него упрощенный чертеж соответствующего графика. Так, условные обозначения устройств для выделения высоких или низких частот содержат графики, напоминающие ход частотных характеристик подобных устройств (ломаные линии) — см. рис. 13, **а, б.**

В обозначении устройства для сжатия динамического диапазона (уменьшения разницы малых и больших амплитуд) — компрессора — используется предельно упрощенный график зависимости амплитуды выходного сигнала от амплитуды входного сигнала: верхняя линия, идущая наклонно вниз к оси абсцисс на рис. 13, **в,** символизирует сужение динамического диапазона. В экспандерах (расширителях динамического диапазона) решается обратная задача, поэтому график в его условном обозначении имеет противоположный характер (рис. 13, **г**). На нижней стороне квадрата ставят стрелку, показывающую направление преобразования сигнала.

Иначе построены условные обозначения устройств, предназначенных для преобразования тока, напряжения и частоты. Площадь квадрата или прямоугольника при этом разделена на две или три части. Например, символ преобразователя переменного тока в постоянный (выпрямителя) представляет собой разделенный диагональю квадрат (рис. 14, **а**). В левой его части помещен знак переменного тока (синусоида), в правой — знак постоянного тока (короткая горизонтальная черта). В условном обозначении преобразователя, выполняющего обратную задачу, знаки рода тока меняются местами (рис. 14, **б**). Стрелки на нижней стороне квадратов, как обычно, указывают направление преобразования. Если преобразование не связано с изменением рода тока (например, трансформатор, умформер — преобразователь постоянного тока), стрелки не ставят (рис. 14, **в, г**).

Не указывают направление преобразования сигнала и в обозначениях преобразователей частоты (рис. 15). Здесь характер преобразователя поясняется либо индексами у буквенных символов (частота f_1 преобразуется в частоту f_2), либо в виде математического действия. Так, в обозначении умножителя частоты выходной сигнал обозначается в виде произведения (nf), в обозначении делителя частоты — в виде частного (f/n).

Для обозначения устройств, в которых осуществляются более сложные преобразования сигнала (модуляция, детектирование), используются прямоугольники, разделенные на три части (рис. 16). В левой части этих символов помещают знаки, характеризующие входной сигнал, и в правой — выходной. В средней части прямоугольника располагают в необходимых случаях знак, характеризующий подаваемую на устройство несущую

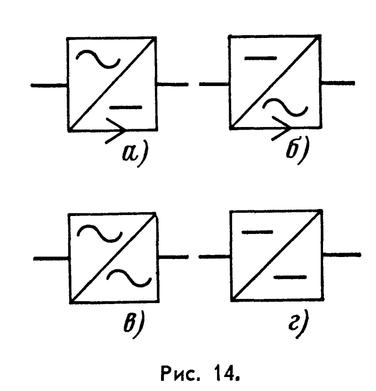


Рис. 14.

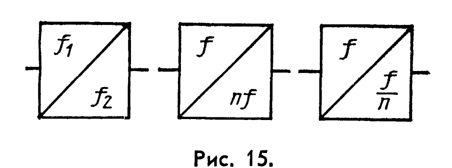


Рис. 15.

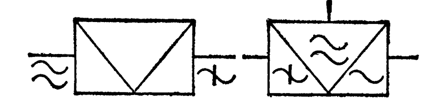


Рис. 16.

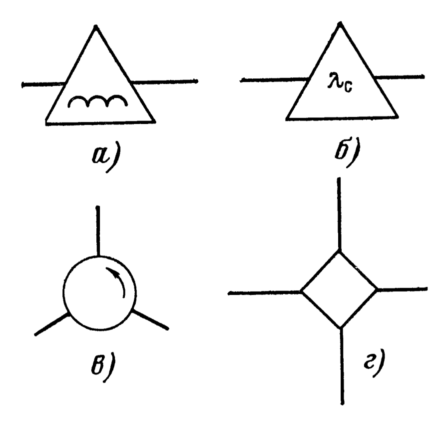


Рис. 17.

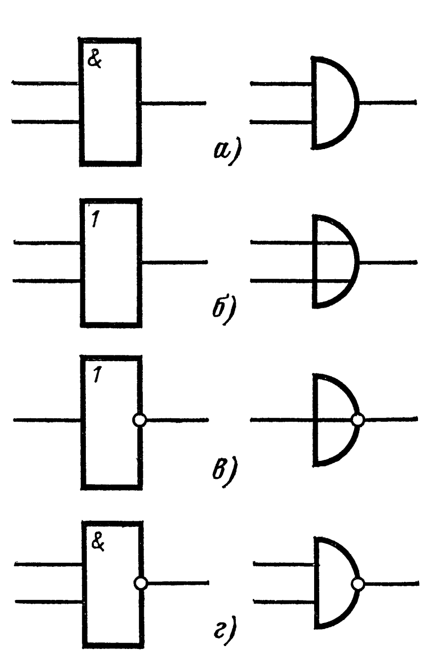


Рис. 18.

частоту. Эти знаки построены на основе символа синусоиды. Так, знак, обозначающий несущую частоту с двумя боковыми полосами (т. е. полный спектр модулированного высокочастотного колебания), представляет собой символ синусоиды, перечеркнутый посредине короткой вертикальной линией. Эта линия символизирует несущую частоту, а половинки синусоиды — боковые полосы частот. Для примера на рис. 16 показаны условные обозначения наиболее часто встречающихся в радиотехнике устройств: амплитудного модулятора и амплитудного детектора со звуковой частотой на выходе.

Подобные же условные графические обозначения применяют в принципиальных схемах приборов СВЧ, где для целого ряда устройств иные способы неприемлемы. Помимо символов, построенных на основе квадрата и прямоугольника, в технике СВЧ применяют обозначения двухполюсников в виде равностороннего треугольника, циркуляторов в виде круга со стрелкой, ответвителей энергии и двойных тройников в виде ромба.

На рис. 17, **а** для примера показано обозначение индуктивной неоднородности в тракте передачи (в обозначении емкостной неоднородности знак «катушка» заменяется знаком «конденсатор»), на рис. 17, **б** — обозначение предельного аттенюатора, на рис. 17, **в** — трехплечего циркулятора и на рис. 17, **г** — четырехплечего ответвителя.

Подобные же графические обозначения функциональных узлов применяют в схемах устройств цифровой вычислительной техники. Принципиальные схемы электронно-вычислительных машин, выполненные из обозначений отдельных электрорадиоэлементов, очень громоздки и не наглядны. Но при всей своей сложности эти устройства строятся из ограниченного числа одинаковых функциональных узлов: триггеров, мультивибраторов, усилителей тока и напряжения, шифраторов, дешифраторов, повторителей и т. д. Показ на принципиальных схемах внутренней структуры этих типовых узлов стал бы своего рода избыточной информацией, затрудняющей составление и чтение схем. Разработчику схем

устройств вычислительной техники важно знать, из каких функциональных узлов можно создать устройство, и совершенно безразлично, из каких электрорадиоэлементов собраны сами узлы. Этим объясняется тот факт, что при составлении функциональных и принципиальных схем устройств цифровой вычислительной техники уже давно пользуются только обобщенными символами функциональных узлов, подобными обозначениям функциональных групп в структурных и функциональных схемах других радиотехнических приборов.

В качестве примера на рис. 18 показаны два вида условных графических обозначений некоторых логических элементов, установленные ГОСТ 2.743—68 для схем устройств вычислительной техники: конъюнктора (элемент И — рис. 18, **а**), дизъюнктора (элемент ИЛИ — рис. 18, **б**), инвертора (элемент НЕ — рис. 18, **в**) и элемента Шеффера (И — НЕ — рис. 18, **г**). Входы элементов расположены слева, а выходы — справа.

В конъюнкторе (схеме совпадений) выходной сигнал появляется только в том случае, если одновременно поданы сигналы на все его входы. При отсутствии сигнала хотя бы на одном входе сигнала на выходе нет. В дизъюнкторе (собирательной схеме) выходной сигнал появляется при поступлении сигнала на один из входов или на оба входа. В инверторе (схема отрицания) выходной сигнал существует только при отсутствии сигнала на входе. В отличие от элементов И и ИЛИ инвертор имеет только один вход и один выход. Логическое отрицание (НЕ) заключается не только в наличии или отсутствии выходного сигнала при исчезновении и появлении сигнала на входе, оно имеет более широкий смысл. Например, если на вход инвертора поступит отрицательное напряжение, на выходе появится НЕ отрицательное, т. е. положительное напряжение. Логическое отрицание на выходе обозначают кружком на выходной линии связи.

Более сложной зависимостью связаны входной и выходной сигналы в логическом элементе И — НЕ (рис. 18, **г**), являющемся комбинацией конъюнктора и инвертора. Здесь в отсутствие сигнала на входе или при поступлении сигнала на один из входов выходной сигнал существует. Если же поданы сигналы на оба входа одновременно, выходного сигнала не получится. Как и в условном обозначении инвертора, логическое отрицание на выходе такого элемента обозначают кружком.

3. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ НА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМАХ

Эволюция условных обозначений элементов. Базовые символы

С некоторыми условными графическими обозначениями электро- и радиоэлементов мы познакомились при рассмотрении принципиальной схемы радиоприемного устройства (рис. 2). Для выполнения схемы даже такого относительно простого устройства потребовалось более десятка символов. Общее же количество условных графических обозначений, используемых при составлении схем современных радиоэлектронных

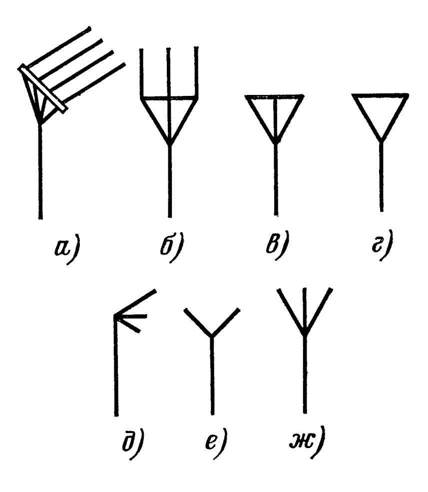


Рис. 19.

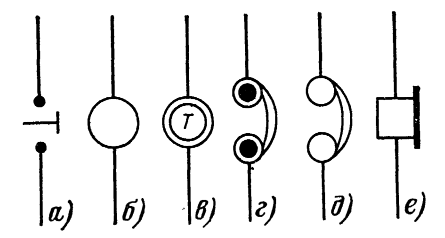


Рис. 20.

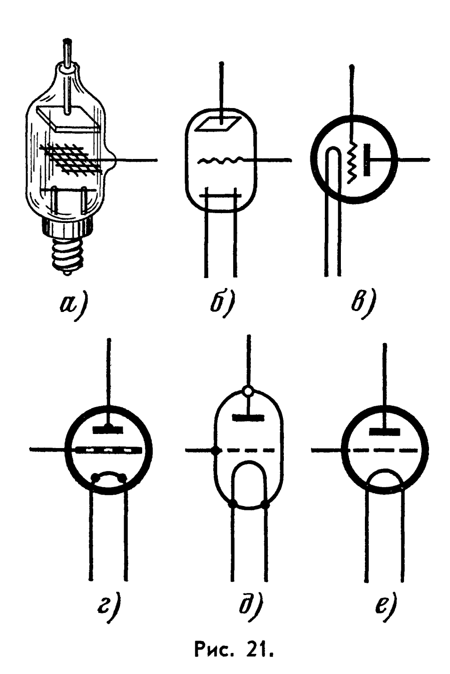


Рис. 21.

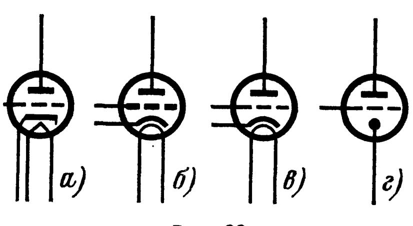


Рис. 22.

приборов, исчисляется многими сотнями.

Приемную Г-образную антенну, состоящую из нескольких параллельных проводов, поначалу изображали на схемах, как показано на рис. 19, **а**. Стремление упростить обозначение антенны привело к тому, что ее стали изображать в виде трезубца, сохранив при этом все элементы первого обозначения (рис. 19, **б**). Потом этот символ еще упростили, исключив провода горизонтальной части (рис. 19, **в**), а затем и траверсу, с помощью которой в реальной конструкции создавались определенные расстояния между проводами (рис. 19, **г**).

В 20-х годах на страницах радиотехнических журналов можно было встретить несколько символов для обозначения антенны (рис. 19, **в—е**). Современный символ антенны (рис. 19, **ж**) унаследовал некоторые черты своих предшественников и используется в качестве общего обозначения, т. е. в тех случаях, когда нет необходимости уточнять тип антенны.

Для обозначения головных телефонов в разное время было также предложено несколько обозначений (рис. 20, **а—д**). Одно из них, упрощенно воспроизводящее изображение двух телефонов, соединенных оголовьем (рис. 20, **д**), использовалось до 60-х годов. ГОСТ 7624—62 установил для телефонов, применяемых в проводной связи и радиосвязи, единое обозначение, напоминающее вид сбоку телефона в традиционном конструктивном исполнении (рис. 20, **е**). В таком виде символ телефона оставлен и в ГОСТ 2.741—68, входящем в ЕСКД.

На протяжении всей истории развития радиотехники баллон электронной лампы изображали то в виде окружности, то в виде вытянутого овала. Много времени прошло, прежде чем был установлен единый символ для управляющего электрода лампы — сетки. Ее обозначали и в виде разреза тонкой пластины с отверстиями, и в виде волнистой или зигзагообразной линии (рис. 21, **а—д**), пока, наконец, не было найдено обозначение, применяемое и сегодня — штриховая линия (рис. 21, **е**). До введения ГОСТ 2.731—68 штрихи выпол-

няли линией той же толщины, что и символы баллона и других электродов лампы. Согласно ЕСКД сетки обозначают штриховой линией.

Нить накала поначалу изображали в виде волнистой или прямой линии, позже — в виде дуги окружности. С появлением ламп с катодами косвенного накала, где нить выполняет роль подогревателя, в условное обозначение электронной лампы был введен символ катода. Его изображали утолщенной линией в виде П-образной скобки или дуги (рис. 22, **а**, **б**), право же на «существование» получил последний символ (рис. 22, **в**). ГОСТ 2.731—68 устанавливает и другое обозначение катода — жирную зачерненную точку (рис. 22, **г**). Такое обозначение рекомендуется употреблять в тех случаях, когда по тем или иным соображениям нити накала ламп изображены отдельно (например, при бестрансформаторном питании их от сети переменного тока) и на функциональных схемах.

В процессе формирования символа электронной лампы изменялась и толщина линии в обозначении ее баллона.

Согласно новому стандарту баллон изображают на схемах утолщенной линией.

Условные обозначения баллона, анода, катода, сетки, нити накала и других составных частей электровакуумных приборов являются базовыми символами, на основе которых можно построить условные обозначения комбинированных электронных ламп: диода двойного, триод-пентода и т. д. На рис. 23 для примера приведено условное графическое изображение электровакуумного прибора, содержащего в себе триод, два диода и пентод.

Аналогичным образом из базовых элементов электромагнитного реле (обмотка — см. рис. 24, **а**, контакты — см. рис. 24, **б—г**) можно построить условное обозначение реле любой сложности.

Базовыми символами различных видов конденсаторов и резисторов являются символы конденсатора постоянной емкости и постоянного резистора, а обозначения их разновидностей строятся с использованием знаков общего применения: регулирование, саморегулирование, механическое перемещение и т. п., о чем подробно рассказывается в следующей главе книги.

Такой способ построения условных обозначений не только намного облегчает их узнавание и запоминание, но и дает возможность строить на основе базовых символов обозначения любых новых радиоэлементов. И, что самое главное, новое обозначение будет понятно всем, кто знаком с системой условных графических обозначений, установленной стандартами ЕСКД.

В последние годы наметилась тенденция обозначать одним символом группы одинаковых элементов, соединенных между собой определенным образом. Например, батарею, составленную из нескольких гальванических или аккумуляторных элементов, ГОСТ допускает обозначать в виде одного элемента с указанием ее номинального напряжения (рис. 25), столбы, состоящие из нескольких последовательно, параллельно или смешанно соединенных полупроводниковых диодов — символом одного

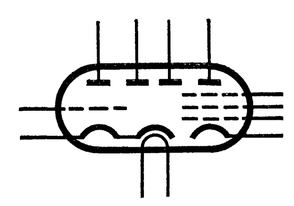


Рис. 23.

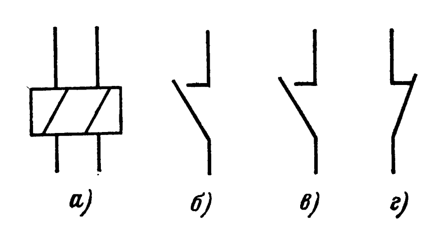


Рис. 24.

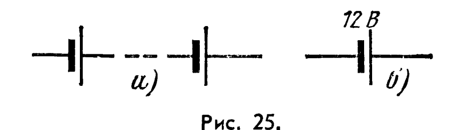


Рис. 25.

Рис. 26.

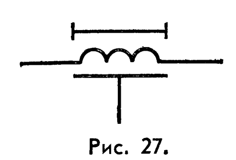


Рис. 27.

диода (рис. 26). Линию задержки обозначают символом (в прежних стандартах его не было), состоящим из условного обозначения катушки, линии, символизирующей одну из обкладок конденсаторов, входящих в линию задержки, и знака задержки сигнала — отрезка прямой линии с засечками на концах (рис. 27).

Установлению таких обобщенных символов предшествовало сокращенное обозначение соответствующих групп элементов, когда на схемах показывали крайние элементы, наличие же остальных указывали штриховыми линиями (рис. 25 и 26).

Полосовые пьезокерамические фильтры, применяемые в бытовой радиоприемной аппаратуре, обозначают в принципиальных схемах в виде прямоугольника с соответствующим числом выводов. Это вполне оправдано. Элементы, входящие в состав такого фильтра, опрессованы пластмассой, и доступ к ним практически невозможен. Да это и не нужно. При выходе фильтра из строя его просто заменяют другим, как конденсатор или резистор. Раскрывать его «начинку» на схеме тоже нет никакой необходимости, важно лишь знать, что фильтр настроен на определенную частоту и пропускает определенную полосу частот.

Стандартные позиционные обозначения элементов

Для пользования схемой, для чтения и изучения ее одних графических обозначений мало.

Каждому элементу схемы (см. рис. 2) присваивают определенные буквенные позиционные обозначения: резисторам — *R*, конденсаторам — *C*, катушке — *L* и т. д. Чтобы различить однотипные элементы, к буквенным обозначениям добавляют порядковые номера (*R1*, *R2* и т. д.).

До последнего времени стандарты не устанавливали единой системы буквенных позиционных обозначений элементов, поэтому в литературе можно было встретить разные обозначения одного и того же элемента (например, телефон обозначали и буквой *Т* и буквами *Тлф*). ГОСТ 2.702—68, входящий в ЕСКД, впервые установил единую систему буквенных позиционных обозначений элементов, обязательную для всей страны. Ниже приведены наиболее часто встречающиеся буквенные обозначения элементов в схемах.

Резистор нерегулируемый и регулируемый; терморезистор; тензорезистор	*R*
Конденсатор регулируемый и нерегулируемый	*C*
Катушка	*L*
Антенна, устройство антенное	*Ан*
Батарея аккумуляторная или гальваническая; батарея из термоэлементов	*Б*
Выключатель, переключатель	*В*
Генератор	*Г*
Гнездо, в том числе контрольное	*Гн*
Громкоговоритель	*Гр*
Диод полупроводниковый; вентиль	*Д*
Дроссель	*Др*

Прибор звуковой сигнализации (звонок, сирена и т. п.)	*Зв*
Прибор измерительный	*ИП*
Соединение разъемное (клемма, зажим, болт)	*Кл*
Кнопка	*Кн*
Прибор электронный (лампа, трубка); прибор ионный; прибор осветительный	*Л*
Линия задержки	*Лз*
Ларингофон	*Лф*
Электродвигатель (мотор)	*М*
Микрофон	*Мк*
Соединитель монтажный	*П*
Предохранитель	*Пр*
Пьезоэлемент	*Пэ*
Реле, контактор, пускатель	*Р*
Транзистор	*Т*
Термопара; термопреобразователь	*Тп*
Трансформатор; автотрансформатор	*Тр*
Телефон	*Тф*
Устройство соединительное (разъем штепсельный, колодка, вставка)	*Ш*
Шунт	*Шн*
Электромагнит; муфта электромагнитная	*Эм*
Элементы разные	*Э*

Кроме позиционного обозначения, возле символов элементов часто указывают их типы (электровакуумные и полупроводниковые приборы, громкоговорители, микрофоны и т. д.), значение основного параметра (емкость конденсатора, сопротивление резистора и т. д.) и некоторые другие сведения.

Графические символы общего применения

Для построения условных графических обозначений разновидностей электрорадиоэлементов используют базовые символы и знаки.

Широко применяют знак регулирования — стрелку, пересекающую исходный символ под углом 45° (рис. 28, **а**). При нанесении такого знака на обозначение конденсатора и резистора получают символ конденсатора переменной емкости и переменного резистора (рис. 29), на обозначение усилителя в структурной схеме — символ усилителя с регулируемым усилением и т. д. Иногда необходимо указать характер регулирования и условия, при которых оно должно осуществляться. В этих случаях возле стрелки помещают специальные значки, характеризующие эти особенности. Так, наклонный штрих, параллельный знаку регулирования (рис. 28, **б**), указывает на линейность изменения параметра, ступенька — на ступенчатое регулирование (рис. 28, **в**), а математическая запись $I = 0$ — на то, что регулирование следует производить при токе, равном нулю (рис. 28, **д**). Если необходимо указать число ступеней регулирования, над знаком пишут соответствующее число (рис. 28, **г**). Для обозначения характера регулирования применяют также знак нелинейного регулирования. Его нижняя часть имеет излом, рядом с которым при необходимости указывают (в математической форме) закон изменения основного параметра (рис. 28, **е—и**). Так, надпись $\sin x$ означает, что параметр элемента изменяется при регулировании по синусоидальному закону, надпись $\ln x$ — по логарифмическому и т. д.

Нередко на схеме необходимо показать способ регулирования какого-нибудь параметра электрического элемента. Стандартом преду-

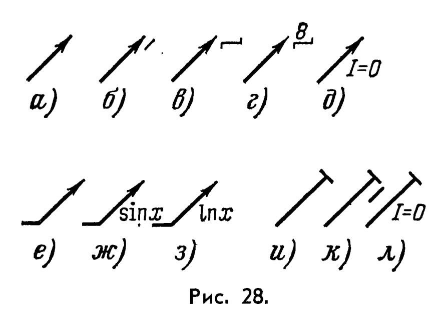


Рис. 28.

смотрены для этих целей три символа. Зачерненный круг (рис. 30, **а**) указывает на то, что регулирование осуществляется ручкой, выведенной наружу; наполовину зачерненный круг (рис. 30, **б**) — что регулируемый элемент также выведен наружу, но регулировка возможна только с применением инструмента (отвертки, ключа, цанги); круг, разделенный диаметром (рис. 30, **в**), — на регулирование также с помощью инструмента, но элемент регулирования

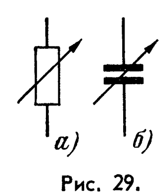
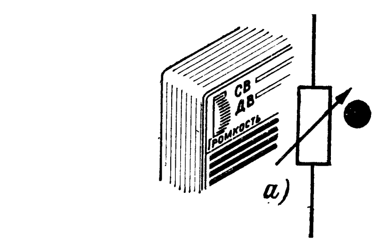


Рис. 29.



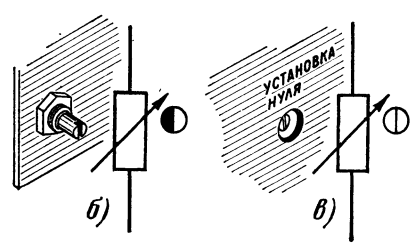


Рис. 30.

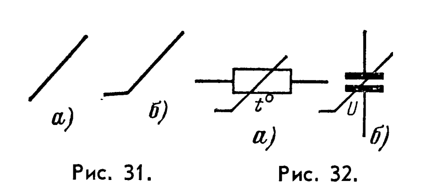


Рис. 31. Рис. 32.

(например, переменный резистор) находится внутри прибора или устройства. Сказанное относится к элементам, которые необходимо регулировать более или менее часто при работе с прибором. Но в приборах есть регулировочные элементы, параметры которых изменяют относительно редко (при настройке, проверке, ремонте). Это подстроечные конденсаторы, резисторы, сердечники катушек и т. д. Для их регулирования пользуются отверткой, ключом и тому подобными инструментами. Подстроечное регулирование также обозначают наклонной линией, но вместо стрелки на ее конце чертят короткий штрих (рис. 28, **и—л**). Этот знак несколько напоминает регулировочный инструмент, благодаря чему он легко узнается. Символ подстроечного регулирования также может сопровождаться значками характера и способа регулирования, а также условий, при которых элемент регулируется.

Разновидностью рассмотренных символов являются знаки саморегулирования — наклонная линия (линейное саморегулирование — рис. 31, **а**) или линия с изломом в нижней части (нелинейное саморегулирование — рис. 31, **б**). Параметры саморегулирующихся элементов могут изменяться только плавно, в связи с чем символ ступенчатого изменения параметра возле знака саморегулирования не наносят. Если необходимо указать, под действием какой физической величины происходит саморегулирование элемента, возле знака нелинейного саморегулирования указывают соответствующее обозначение (U — напряжение, I — ток, P — давление и т. д.). На рис. 32, **а** показано условное обозначение терморезистора (его сопротивление зависит от температуры окружающей среды), а на рис. 32, **б** — вариконда (его емкость зависит от напряжения на обкладках).

Часто в радиоприборе имеется несколько регулируемых элементов, управляемых одной общей ручкой, например блок конденсаторов переменной емкости, сдвоенный переменный резистор. Обозначения элементов, входящих в такие конструкции, для удобства построения схемы не-

редко размещают в разных ее местах, а чтобы показать их механическую связь, знаки регулирования соединяют штриховой линией (рис. 33, **а**). При близком расположении элементов механическую связь иногда показывают двумя тонкими параллельными линиями (например, в обозначении выключателя или переключателя на несколько направлений — см. рис. 33, **б**).

Особую группу символов общего применения составляют знаки, указывающие направление движения в самом широком смысле этого слова. Для указания механического перемещения подвижных деталей (и такое встречается на принципиальных схемах) пользуются прямыми стрелками, символизирующими движение в одну или обе стороны (рис. 34). Если необходимо показать, что движение ограничено, у конца стрелки изображают короткий штрих. Такими же стрелками, но без штрихов в обозначениях акустических головок (рекордер, звукосниматель, магнитные головки и т. д.) указывают направление преобразования сигнала. Например, в условном обозначении воспроизводящей магнитной головки (рис. 35, **а**) стрелка направлена к символу магнитопровода, в обозначении записывающей головки (рис. 35, **б**) — в обратную сторону. Универсальную магнитную головку обозначают двунаправленной стрелкой.

Две параллельные наклонные стрелки, расположенные под углом 45° (или 60°) к условному обозначению полупроводникового прибора, резистора, гальванического элемента и т. д., символизируют световой поток и вместе с условным обозначением, возле которого они изображены, образуют символы приборов, действие которых основано на фотоэлектрическом эффекте (рис. 36).

Прямые стрелки используют также при построении условных обозначений магнитострикционных элементов, антенных устройств (для указания типа поляризации) и т. д.

Вращательное движение показывают на схемах стрелками, изогнутыми в виде дуг окружности (рис. 37). Если обозначается вращение какого-

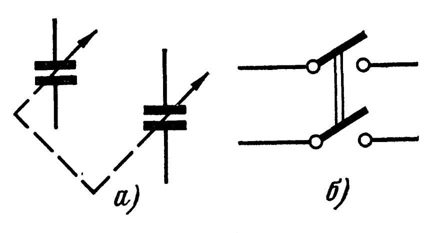


Рис. 33.

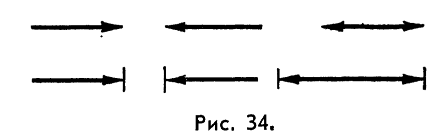


Рис. 34.

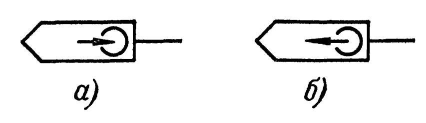


Рис. 35.

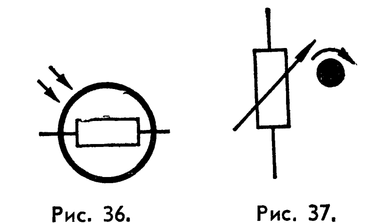


Рис. 36. Рис. 37.

а) б) в)

г) д) е)

Рис. 38.

либо вала, используют дуги, охватывающие примерно 270°, причем в одном из мест пересечения с линией механической связи (валом) стрелку разрывают (рис. 38). Это придает символу более наглядный вид, как бы подчеркивая, что в месте разрыва стрелка проходит за линией связи (рис. 38, **а—г**).

Чтобы показать качательное движение, на остриях стрелок изображают короткие штрихи, условно обозначающие пределы качания (рис. 38, **д**). Просто и наглядно строятся обозначения и сложных движений. Для примера на рис. 38, **е** показано обозначение винтового движения, составленное из символов вращательного и поступательного движений.

Дугообразные стрелки, охватывающие угол примерно 120°, используют для указания направления регулирования, характера движения главного лепестка даиграммы направленности и направления вращения антенн, характера отклонения луча в электронно-лучевых приборах.

Чтобы пояснить на схемах назначение некоторых элементов и устройств, на их условных обозначениях помещают символ направления потока электромагнитной энергии. Этот знак (рис. 39, **а**, **б**) также представляет собой стрелку, но с более тупым концом, чем рассмотренные ранее. С примерами использования этого символа мы уже знакомы (графические обозначения преобразователей, записывающих и воспроизводящих устройств в структурных схемах). На рис. 39, **в—д** приведены условные обозначения приемной, передающей и приемно-передающей антенн, где стрелки указывают их назначение.

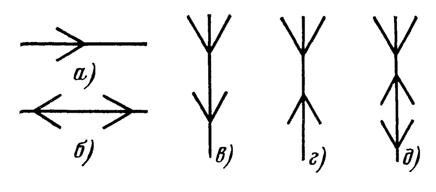


Рис. 39.

Резисторы

Резисторы являются широкораспространенными радиоэлементами. Даже в простом транзисторном радиоприемнике их число достигает нескольких десятков, а в современном телевизоре их не менее полутора-двух сотен. Они применяются в качестве нагрузочных и гасящих элементов, делителей и элементов фильтров цепей питания, добавочных сопротивлений и шунтов измерительных цепей, в колебательных контурах и т. д.

Основным параметром резистора является его электрическое сопротивление, характеризующее способность резистора препятствовать протеканию электрического тока. Сопротивление измеряется в омах, килоомах (тысяча ом) и мегомах (миллион ом).

Постоянные резисторы. Вначале резисторы изображаяи на схемах в виде ломаной линии — меандра (рис. 40, **а**, **б**), которая обозначала высокоомный провод, намотанный на изоляционный каркас. По мере усложнения радиоприборов число резисторов в них увеличивалось, и, чтобы облегчить начертание, их стали изображать на схемах в виде зубчатой линии (рис. 40, **в**). На смену этому символу пришел символ в виде прямоугольника (рис. 40, **г**), который стали применять для обозначения любого резистора независимо от его конструктивных особенностей. Для обозначения номинальной мощности рассеяния ГОСТ 2.728—68 устанавливает специальные знаки, вписываемые в условное обозначение резистора (рис. 41). Начиная с 1 Вт, номинальную мощность рассеяния обозначают соответствующими римскими цифрами. Заметим, что знаки, обозначающие мощность, не должны касаться контура условного обозначения резистора.

На принципиальной схеме номинальные сопротивления резисторов указывают рядом с их условным обозначением (рис. 42). Согласно ГОСТ 2.702—69 сопротивления от 0 до 999 Ом указывают числом без обозначения единицы измерения (220, 360, 510 и т. д.), от 1 до 999 килоом — числом с буквой «к» (100к,

270к и т. д.), свыше 1 мегома — числом с буквой М (1М, 2,2М, 3,3М и т. д.). В технической литературе встречаются обозначения сопротивлений свыше 1М в виде цифровой записи без буквы, но с запятой после целой части (1,1; 2,7; 3,3 и т. д.). В этом случае сопротивления менее 1 Ом выражаются соответствующим дробным числом с добавлением слова Ом. На резисторах отечественного производства номинальное сопротивление, допускаемое отклонение от него, а если позволяют габариты — и мощность рассеяния указывают в виде полного или сокращенного (кодированного) обозначения. Согласно ГОСТ 11076—69 единицы сопротивления в кодированной системе обозначают буквами Е (ом), К (килоом) и М (мегом). Так, резисторы сопротивлением 51 Ом маркируют 51Е, 82 Ом — 82Е, 15 кОм — 15К, 91 кОм — 91К и т. д. Сопротивления от 100 до 1000 Ом и от 100 до 1000 кОм выражают в долях килоома и мегома соответственно, причем на месте нуля и запятой ставится соответствующая единица измерения: 270 Ом = = 0,27 кОм = К27; 910 Ом = = 0,91 кОм = К91; 120 кОм = = 0,12 МОм = М12; 720 кОм = = 0,72 МОм = М72 и т. д. Если же номинальное сопротивление выражается целым числом с дробью, то единицу измерения ставят на месте запятой: 2,2 кОм — 2К2, 4,7 Ом — 4Е7; 2,7 МОм — 2М7 и т. д.

Кодированные буквенные обозначения установлены и для обозначения допускаемых отклонений сопротивления от номинального. Допускаемому отклонению ± 1% соответствует буква Р, ± 5% — И, ± 10% — С, ± 20% — В. Таким образом, надпись на корпусе резистора К75И означает: номинальное сопротивление 750 Ом, допускаемое отклонение ± 5%; надпись М27В — 270 кОм ± 20%. Отсутствие кодированного обозначения допускаемого отклонения в ряде случаев также означает определенный допуск. Например, если это обозначение отсутствует в маркировке резистора типа УЛИ (углеродистый лакированный измерительный), то допускаемое отклонение составляет ± 3%. У резисторов типа ТВО (теплостойкие, влагостойкие, объемные) отсут-

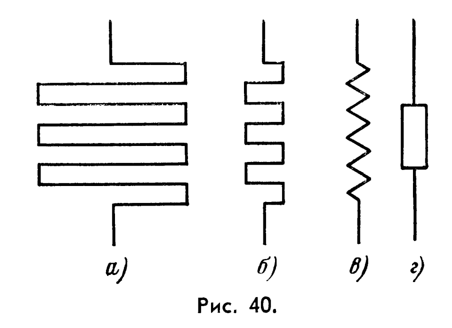


Рис. 40.

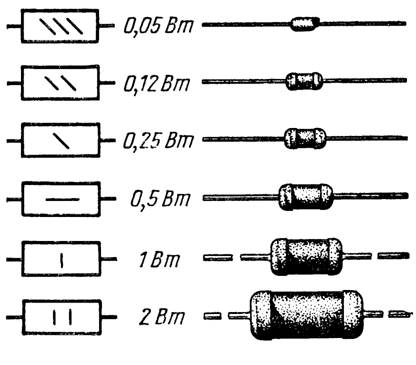
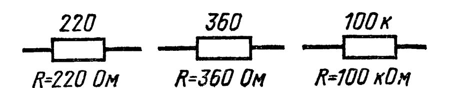


Рис. 41.



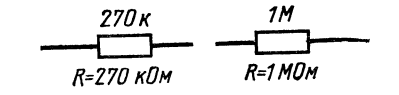


Рис. 42.

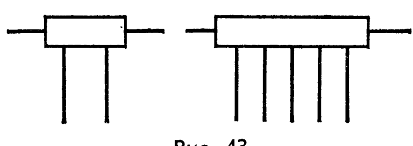
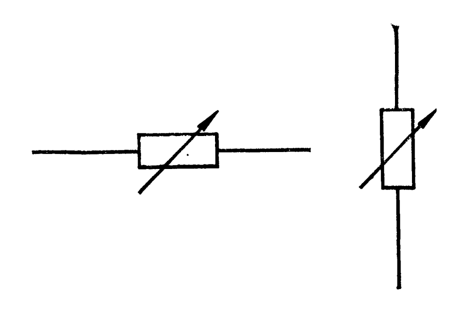


Рис. 43.



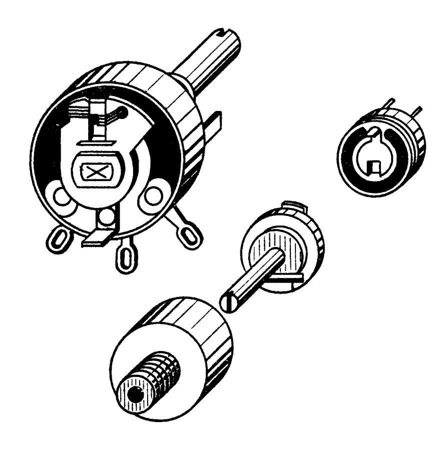


Рис. 44.

ствие буквы свидетельствует о допуске ± 20%.

На условном обозначении резистора с отводами [у которых, помимо выводов от концов токопроводящего элемента, сделаны выводы и от части (или частей) его] дополнительные выводы изображают в том же порядке, как это имеет место в самом резисторе (рис. 43). При большом количестве отводов длину прямоугольника, обозначающего резистор, допускается увеличивать.

Резисторы, о которых шла речь до сих пор, называют нерегулируемыми или резисторами постоянного сопротивления — постоянными резисторами, подчеркивая этим, что их сопротивление невозможно изменить. Если в цепи требуется установить определенный ток или напряжение, то для этого приходится подбирать отдельные элементы цепи, которыми часто являются резисторы. Возле символов этих элементов ставят звездочку (*) — знак, обозначающий необходимость их подбора при настройке или регулировке.

Регулируемые резисторы, т. е. резисторы, сопротивление которых можно изменять в определенных пределах, применяют в качестве регуляторов усиления, громкости, тембра и т. д. Многие типы резисторов переменного сопротивления стандартизованы и выпускаются промышленностью в массовом порядке. Общее обозначение такого резистора состоит из символа нерегулируемого резистора и знака регулирования (рис. 44), причем независимо от положения резистора на схеме стрелку, обозначающую регулирование, проводят в направлении снизу вверх под углом 45°.

Резисторы переменного сопротивления, как правило, имеют три вывода: от концов токопроводящего элемента и от щеточного контакта, который может перемещаться по нему. С целью уменьшения размеров и упрощения конструкции токопроводящий элемент обычно выполняют в виде незамкнутого кольца, а контакт закрепляют на валике, ось которого проходит через центр этого кольца. Таким образом, при вращении валика щеточный контакт перемещается по поверхности токопроводящего элемента, в результате чего сопротивление между ним и крайними выводами изменяется.

В непроволочных резисторах переменного сопротивления обладающий большим сопротивлением токопроводящий слой нанесен на подковообразную пластинку из гетинакса или текстолита (резисторы типов СП, СПЕ, СП3) либо впрессован в дугообразную канавку керамического основания (резисторы СПО, СПОЕ).

В проволочных резисторах сопротивление образует высокоомный провод, намотанный в один слой на кольцеобразном каркасе. Для надежного соединения между обмот-

кой и подвижным контактом провод зачищают на глубину до четверти его диаметра, а в некоторых случаях и полируют. Каркас изготавливают из листовой пластмассы (текстолит, стеклотекстолит), сворачивая ее после намотки провода в кольцо, из керамики либо из специальной теплостойкой пластмассы. В последнем случае каркас представляет собой сплошное кольцо, поэтому намотка провода производится на специальных станках.

Существуют две схемы включения резисторов переменного сопротивления в электрические цепи. В одном случае их используют для регулирования тока в цепи, и тогда регулируемый резистор называется реостатом, в другом — для регулирования напряжения, тогда его называют потенциометром.

Показанное на рис. 44 условное графическое обозначение используют, когда нужно показать реостат в общем виде.

Как известно, для регулирования тока в цепи резистор переменного сопротивления можно включить двумя выводами: от щеточного контакта и одного из концов токопроводящего элемента (рис. 45, а). Однако такое включение не всегда допустимо. Если, например, в процессе регулирования случайно нарушится соединение щеточного контакта с токопроводящим элементом, электрическая цепь окажется разомкнутой, а это может явиться причиной повреждения прибора. Чтобы исключить такую возможность, второй вывод токопроводящего элемента соединяют с выводом щеточного контакта (рис. 45, б). В этом случае даже при нарушении соединения электрическая цепь не будет разомкнута.

Общее обозначение потенциометра (рис. 45, в) отличается от символа реостата без разрыва цепи отсутствием соединения выводов между собой.

К регулируемым резисторам, применяемым в радиоэлектронной аппаратуре, часто предъявляются требования по характеру изменения сопротивления при повороте его оси.

Так, для регулирования громкости в звуковоспроизводящей аппаратуре (радиоприемнике, телевизоре, магнитофоне) необходимо, чтобы сопротивление между средним и правым выводами изменялось по показательному (обратному логарифмическому) закону. Только в этом случае наше ухо воспринимает равномерное увеличение громкости при малых и больших уровнях сигнала. В измерительных генераторах низкой частоты, где в качестве частотозадающих элементов используют резисторы переменного сопротивления, также желательно, чтобы их сопротивления изменялись по логарифмическому или показательному законам. Если это условие не выполнить, шкала генератора получается неравномерной, что затрудняет точную установку частоты.

Промышленность выпускает регулируемые непроволочные резисторы трех групп: А — с линейной, Б — с логарифмической и В — с обратнологарифмической (показательной) зависимостью сопротивления между правым и средним выводами от угла поворота φ оси (рис. 46). Резисторы группы А используют в радиотехнике наиболее широко, поэтому характеристику изменения их сопротивления на схемах не указывают. Если же необходимо указать, что резистор имеет нелинейную характеристику (например, логарифмическую), символ резистора перечеркивают знаком нелинейного регулирования, возле которого (внизу) помещают соответствующую математическую запись закона изменения.

Резисторы групп Б и В конструктивно отличаются от резисторов группы А только токопроводящим элементом. Форму каркаса прово-

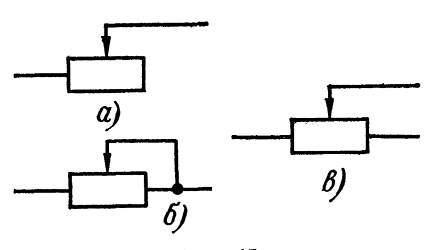


Рис. 45.

лочного резистора выбирают с таким расчетом, чтобы длина витка высокоомного провода изменялась по соответствующему закону (рис. 47). На подковку непроволочного резистора наносят токопроводящий слой с удельным сопротивлением, меняющимся по длине подковки.

Регулируемые резисторы имеют относительно невысокую надежность и ограниченный срок службы. Кому из владельцев радиоприемника или телевизора не приходилось после 2—3 лет эксплуатации слышать трески и шорохи из громкоговорителя при регулировании громкости передачи. Причина этого неприятного явления — в нарушении контакта щетки с токопроводящим слоем или износ последнего. Поэтому, если основным требованием к регулируемому резистору является повышенная надежность, применяют резисторы со ступенчатым регулированием. Конструктивно такой резистор может быть выполнен на базе переключателя на несколько положений, к контактам которого подключены резисторы постоянного сопротивления. На схемах эти подробности не показывают, ограничиваясь изображением символа регулируемого резистора со знаком ступенчатого регулирования, а если необходимо указать число ступеней, над знаком пишут соответствующую цифру (рис. 48).

Некоторые регулируемые резисторы изготовляют с одним, двумя и даже тремя отводами. Такие резисторы применяют, например, в тонкомпенсированных регуляторах громкости, используемых в радиоприемниках и радиолах высшего, первого и второго классов. Отводы изображают в виде линий, отходящих от длинной стороны основного символа (рис. 49).

Для регулирования громкости и тембра в стереофонической аппаратуре (приемниках, магнитофонах, усилителях) применяют сдвоенные резисторы, сопротивления которых изменяются одновременно при повороте общей оси. Для указания на схеме одновременности регулирования стрелки, обозначающие щеточные контакты, соединяют штриховой линией механической связи (рис. 50). Таким же образом показывают

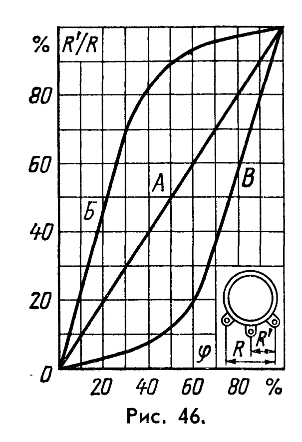
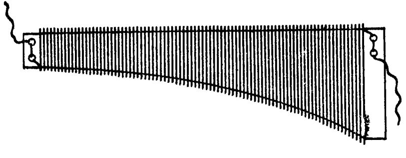


Рис. 46.



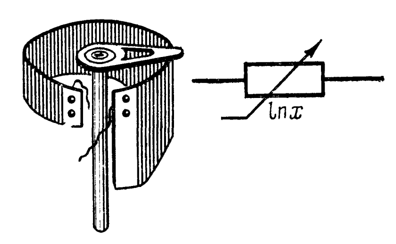


Рис. 47.

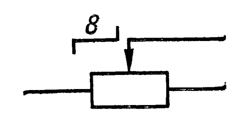
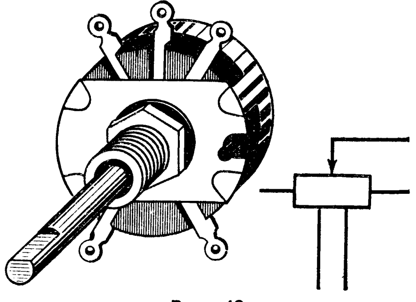


Рис. 48.


Рис. 49.

механическую связь регулируемого резистора с выключателем, если последний управляется общей ручкой.

Встречаются сдвоенные резисторы, в которых каждый резистор может регулироваться отдельно. В этом случае ось одного резистора проходит внутри полой (трубчатой) оси другого.

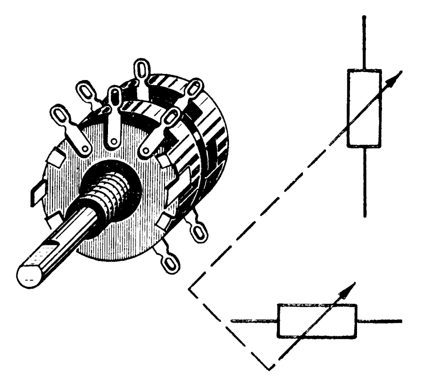


Рис. 50.

Некоторые регулировки производят только при изготовлении прибора, его ремонте, контроле и т. п. Для этих целей применяют либо обычные регулируемые резисторы, либо подстроечные. Последние отличаются конструкцией и размерами. Общее обозначение подстроечного резистора отличается тем, что вместо знака регулирования использован знак подстроечного регулирования (рис. 51). Если же необходимо показать подстроечные реостат или потенциометр, используют графические обозначения, показанные на рис. 52.

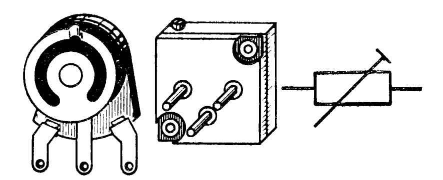


Рис. 51.

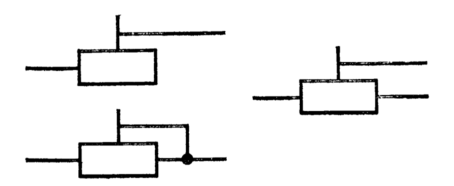


Рис. 52.

Нелинейные резисторы. В радиотехнике, электронике и автоматике находят применение нелинейные саморегулирующиеся резисторы, изменяющие свое сопротивление под действием внешних электрических или неэлектрических факторов: угольные столбы, варисторы, терморезисторы, позисторы и магниторезисторы. Угольный столб (пакет угольных шайб — см. рис. 53) изменяет свое сопротивление под действием механического усилия. Для сжатия шайб обычно используют электромагнит. Изменяя напряжение на его обмотке, можно в больших пределах изменять степень сжатия и, следовательно, сопротивление угольного столба. Угольные резисторы применяют в стабилизаторах и автоматических регуляторах напряжения. Условное обозначение этих элементов состоит из основного символа и знака нелинейного саморегулирования с буквой P, которая символизирует механическое усилие — давление.

Терморезисторы, как говорит само название, характеризуются тем, что их сопротивление изменяется под действием температуры. Токопроводящие элементы терморезисторов изготавливают из полупроводниковых материалов, представляющих

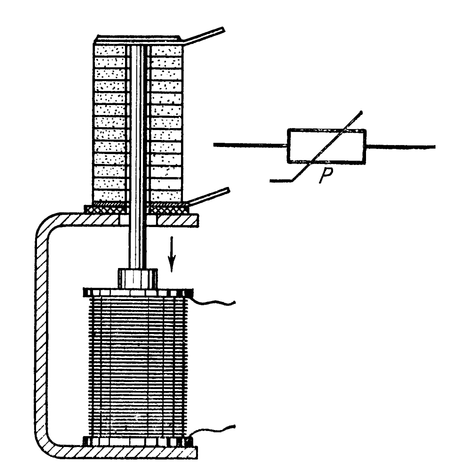


Рис. 53.

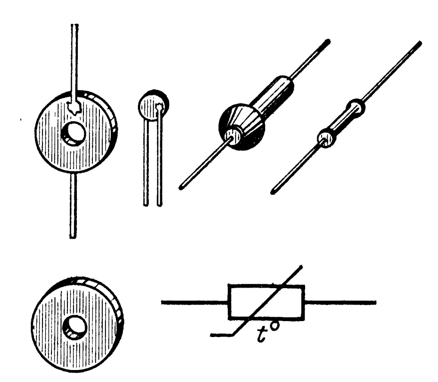


Рис. 54.

собой смеси окислов металлов (меди и марганца, кобальта и марганца) или титано-бариевой керамики, с добавкой лантана или церия. Сопротивление терморезистора прямого подогрева изменяется за счет выделяющейся в нем мощности или при изменении температуры окружающей среды. Изменение сопротивления терморезистора косвенного подогрева происходит под действием тепла, выделяемого специальным подогревателем. Зависимость сопротивления терморезисторов от температуры имеет нелинейный характер, поэтому на схемах их изображают в виде нелинейного элемента со знаком температуры — $t°$ (рис. 54). В условное обозначение терморезистора косвенного подогрева, кроме этого, входит символ подогревателя, напоминающий перевернутую латинскую букву U (рис. 55).

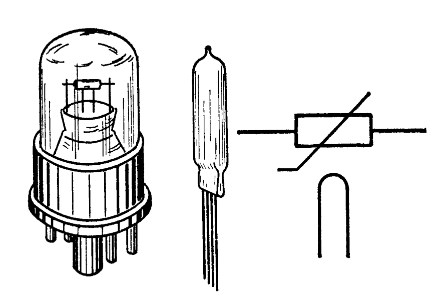


Рис. 55.

В последние годы терморезисторами стали называть лишь полупроводниковые нелинейные резисторы, сопротивление которых при повышении температуры уменьшается. Резисторы же с обратной характеристикой получили название «позисторов». Терморезисторы и позисторы используют для защиты элементов от перегрузок по току, для температурной стабилизации режима работы усилительных каскадов на транзисторах, в устройствах для дистанционного управления радиоаппаратурой, в системах автоматического регулирования и т. п.

Нелинейные полупроводниковые резисторы, известные под названием варисторов, изменяют свое сопротивление при изменении приложенного к ним напряжения. Существуют варисторы, у которых увеличение напряжения всего в 2—3 раза сопровождается уменьшением сопротивления в несколько десятков раз. На схемах их обозначают в виде нелинейного саморегулирующегося резистора с латинской буквой U (напряжение) у излома знака саморегулирования (рис. 56, **а**).

Полупроводниковые резисторы, сопротивление которых существенно зависит от напряженности магнитного поля, — магниторезисторы — еще не имеют широкого применения в радиоаппаратуре, но стандарт ЕСКД

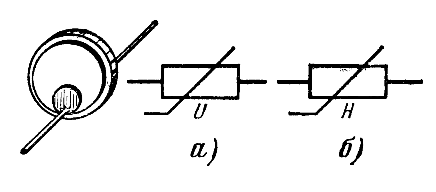


Рис. 56.

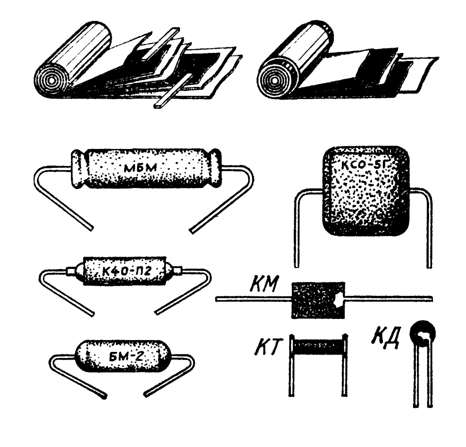
устанавливает условное обозначение и этого типа элементов (рис. 56, **б**). Здесь внешний фактор, под действием которого происходит саморегулирование, — магнитное поле — обозначено буквой Н (напряженность магнитного поля).

Конденсаторы

Элементы, у которых проводники обладают определенной емкостью, называют конденсаторами, при этом сами проводники называют обкладками. Емкость конденсатора зависит от размеров (площади) обкладок, расстояния между ними и свойств материала, разделяющего их, — диэлектрика.

Важным свойством конденсатора является то, что для переменного тока он представляет собой сопротивление, величина которого уменьшается с ростом частоты.

Как и резисторы, конденсаторы разделяют на конденсаторы постоянной емкости, конденсаторы переменной емкости (КПЕ), подстроечные и саморегулирующиеся. Наиболее широко используют конденсаторы постоянной емкости. Их применяют в колебательных контурах, различных фильтрах, а также для разделения цепей постоянного и переменного токов и в качестве блокировочных элементов.



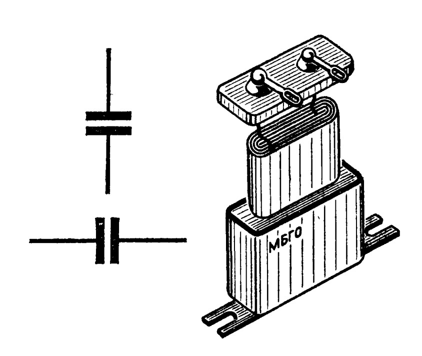


Рис. 57.

Конденсаторы постоянной емкости. Условное графическое обозначение конденсатора постоянной емкости — две утолщенные параллельные линии — символизирует его основные части: две обкладки и диэлектрик между ними (рис. 57). Около обозначения конденсатора на схеме часто указывают его номинальную емкость, а иногда и номинальное напряжение. Единицей измерения емкости является фарада (Ф) — емкость такого уединенного проводника, потенциал которого возрастает на один вольт при увеличении заряда на один кулон. Это очень большая величина, которая на практике не применяется. В радиотехнике используют конденсаторы емкостью от долей пикофарады (пФ) до нескольких тысяч микрофарад (мкФ). Напомним, что 1 мкФ равна одной миллионной доле фара-

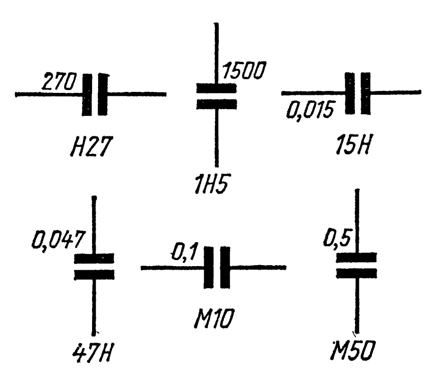


Рис. 58.

ды, а 1 пФ — одной миллионной доле микрофарады или 1/1 000 000 000 000 доле фарады.

ГОСТ 2.702—69 рекомендует следующий способ обозначения емкости конденсаторов на схемах (рис. 58): емкость менее 1 пФ обозначается соответствующим дробным числом с буквой «п» после него, емкость от 1 до 9 999 пФ указывается в пикофарадах без обозначения единицы измерения, а от 0,01 мкФ (10 000 пФ) до 9 999 мкФ — в микрофарадах, также без указания единицы измерения. В последнем случае емкость указывают в виде дробных чисел или в виде целых чисел с нулем через запятую. Таким образом, емкость 270 пФ обозначают на схемах числом 270; 1500 пФ — 1500; 47 000 пФ (0,047 мкФ) — 0,047; 0,5 мкФ — 0,5; 20 мкФ — 20,0; 500 мкФ — 500,0 и т. д.

Номинальную емкость и допускаемое отклонение от нее, а на некоторых конденсаторах и номинальное рабочее напряжение указывают на корпусах конденсаторов. В зависимости от их размеров номинальную емкость и допускаемое отклонение указывают в полной или сокращенной (кодированной) форме. Полное обозначение емкости состоит из соответствующего числа и единицы измерения, причем, как и на схемах, емкости от 0 до 9 999 пФ чаще всего указывают в пикофарадах (15 пФ; 1000 пФ и т. п.), а от 0,01 до 9 999 мкФ — в микрофарадах (0,01 мкФ; 0,2 мкФ; 100 мкФ и т. п.). В сокращенной маркировке единицы измерения емкости обозначают буквами П (пикофарада), М (микрофарада) и Н (нанофарада). 1 нанофарада = 1000 пФ = 0,001 мкФ. При этом емкости от 0 до 100 пФ обозначают в пикофарадах, ставя букву П либо после числа (если оно целое), либо на месте запятой (1,5 пФ — 1П5; 3,3 пФ — 3П3; 22 пФ — 22П; 91 пФ — 91П и т. д.). Емкости от 100 пФ (0,1 нФ) до 0,1 мкФ (100 нФ) обозначают в нанофарадах, а от 0,1 мкФ и выше — в микрофарадах. В этом случае, если емкость выражается в долях нанофарады или микрофарады, соответствующую единицу измерения пишут на месте нуля и запятой (150 пФ — Н15; 470 пФ — Н47; 0,22 мкФ — М22; 0,5 мкФ — М50 и т. д.), а если число состоит из целой части и дроби — на месте запятой (1500 пФ — 1Н5, 3300 пФ — 3Н3, 1,5 мкФ — 1М5 и т. д.). Емкости конденсаторов, выраженные целым числом соответствующих единиц измерения, записывают обычным способом (0,01 мкФ — 10Н, 20 мкФ — 20М, 100 мкФ — 100М и т. д.). Для указания допускаемого отклонения емкости от номинального значения используют те же кодированные обозначения, что и для резисторов.

В зависимости от того, в какой цепи используют конденсаторы, к ним предъявляются и разные требования. Так, конденсатор, работающий в колебательном контуре, должен иметь очень малые потери на рабочей частоте, высокую стабильность емкости во времени и при изменении температуры, влажности, давления и т. п.

Потери в конденсаторах, определяемые в основном потерями в диэлектрике, возрастают при повышении температуры, влажности и частоты. Наименьшими потерями обладают конденсаторы с диэлектриком из высокочастотной керамики, со слюдяными и пленочными диэлектриками, наибольшими — конденсаторы с бумажным диэлектриком и из сегнетокерамики. Это обстоятельство следует учитывать при замене конденсаторов в радиоаппаратуре. Изменение емкости конденсатора под воздействием окружающей среды (в основном ее температуры) происходит за счет изменения размеров обкладок, величины зазоров между ними и свойств диэлектрика. В зависимости от конструкции и примененного диэлектрика конденсаторы характеризуются различным температурным коэффициентом емкости (ТКЕ), величиной, показывающей относительное изменение емкости при изменении температуры на один градус. Конденсаторы со слюдяным и керамическим диэлектриками могут иметь ТКЕ примерно $50 \cdot 10^{-6}/° C$, с бумажным — $(1 \div 3) \cdot 10^{-3}/° C$. ТКЕ может быть положительным и отрицательным. По величине и знаку этого параметра конденсаторы постоянной емкости разделяются на группы, которым присвоены соответствующие буквенные обозначения и цвет окра-

ски корпуса. Для сохранения настройки колебательных контуров при работе в широком интервале температур часто применяют последовательное и параллельное соединение конденсаторов, у которых ТКЕ имеют разные знаки. В результате при изменении температуры частота настройки такого термокомпенсированного контура остается неизменной.

Как и любые проводники, конденсаторы обладают некоторой индуктивностью. Она тем больше, чем длиннее и тоньше выводы конденсатора, чем больше размеры его обкладок и внутренних соединительных проводников. Наибольшей индуктивностью обладают бумажные конденсаторы, у которых обкладки выполнены в виде длинных лент из фольги, свернутых вместе с диэлектриком в рулон круглой или плоской формы. Если не принято специальных мер, то такие конденсаторы плохо работают на частотах выше нескольких мегагерц. Поэтому на практике для обеспечения работы блокировочного конденсатора в широком диапазоне частот параллельно бумажному подключают керамический или слюдяной конденсатор небольшой емкости.

Однако существуют бумажные конденсаторы и с малой собственной индуктивностью. В них полосы фольги соединены с выводами не в одном, а во многих местах. Достигается это либо полосками фольги, вкладываемыми в рулон при намотке, либо смещением полос (обкладок) к противоположным концам рулона и пропайкой их (см. рис. 57).

Для защиты от помех, которые могут проникнуть в прибор через цепи питания и наоборот, а также для различных блокировок используют конденсаторы специальной конструкции — проходные конденсаторы. Такой конденсатор имеет три вывода, два из которых представляют собой сплошной токонесущий стержень, проходящий через корпус конденсатора. К этому стержню присоединена одна из обкладок конденсатора. Третьим выводом является металлический корпус, с которым соединена вторая обкладка. Корпус проходного конденсатора закрепляют непосредственно на шасси или экране, а токоподводящий провод припаивают к его среднему выводу. Благодаря такой конструкции токи высокой частоты замыкаются на шасси или экран устройства, в то время как постоянные токи проходят беспрепятственно. На высоких частотах применяют керамические проходные конденсаторы, в которых роль одной из обкладок выполняет сам центральный проводник, а другой — слой металлизации, нанесенный на керамическую трубку.

Идея конструкции проходного конденсатора нашла отражение и в условном графическом обозначении, которое показано на рис. 59.

На низких частотах и в цепях фильтрации питания требуются конденсаторы с емкостью в десятки, сотни и даже тысячи микрофарад. Такую емкость при достаточно малых габаритах имеют электролитические конденсаторы. В них роль одной обкладки (анода) выполняет алюминиевый или танталовый электрод, роль диэлектрика — тонкий оксидный слой, нанесенный на него, а роль другой обкладки (катода) — специальный электролит, выводом которого часто служит металлический корпус конденсатора. В отличие от других большинство типов электролитических конденсаторов полярно. Это значит, что включать их можно только в цепи постоянного или пульсирующего напряжения и только в той полярности (катод — к минусу, анод — к плюсу), которая на нем указана. Невыполнение этого условия приводит к выходу конденсатора из строя, что иногда сопровождается взрывом.

Символ электролитического конденсатора несколько необычен: одна

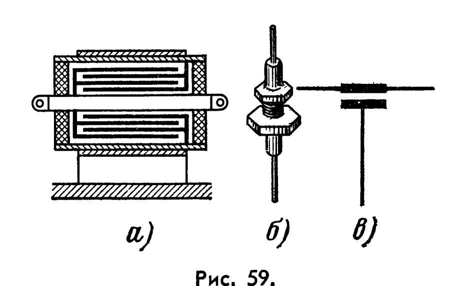


Рис. 59.

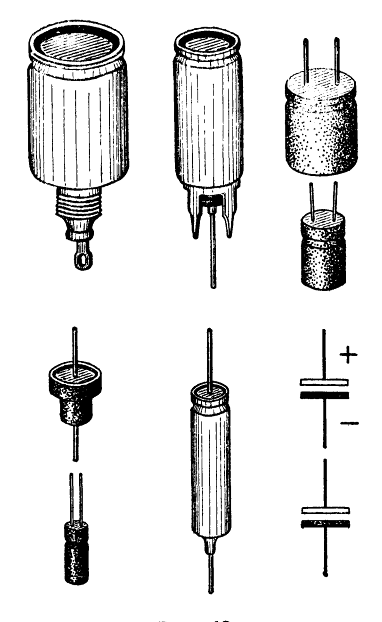


Рис. 60.

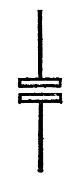


Рис. 61.

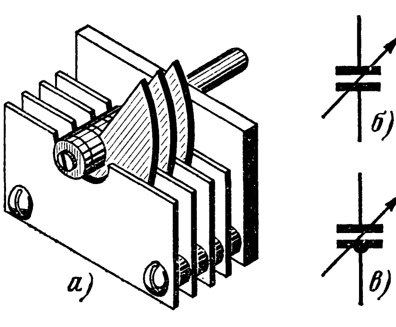


Рис. 62.

из его «обкладок» (анод) на условном обозначении не зачерняется (рис. 60). Кроме того, на схемах иногда указывают полярность электролитического конденсатора, отмечая анод знаком плюс, а катод — знаком минус. В связи с тем, что полярность электролитического конденсатора наглядно выражена самим графическим обозначением, действующий стандарт допускает знаки полярности не указывать.

В схемах радиоприборов иногда можно встретить обозначение электрического конденсатора в виде двух незачерненных «обкладок» (рис. 61). Это символ неполярного электролитического конденсатора, который может работать в цепях переменного тока.

Электролитические конденсаторы очень чувствительны к перенапряжениям, поэтому на схемах часто указывают не только их номинальную емкость, но и их номинальное рабочее напряжение.

Конденсаторы переменной емкости (КПЕ). Конденсатор переменной емкости состоит из двух групп металлических пластин, одна из которых может плавно перемещаться по отношению к другой. При этом движении пластины подвижной части (ротора) обычно вводятся в зазоры между пластинами неподвижной части (статора), в результате чего площадь перекрытия одних пластин другими, а следовательно, и емкость изменяются. Диэлектриком в КПЕ обычно служит воздух. В малогабаритной аппаратуре, например в транзисторных карманных радиоприемниках, широкое применение нашли КПЕ с твердым диэлектриком, в качестве которого используют пленки из высокочастотных износостойких диэлектриков (фторопласта, полиэтилена). Параметры КПЕ с твердым диэлектриком несколько хуже, но зато они дешевле и размеры их намного меньше, чем у КПЕ с воздушным диэлектриком.

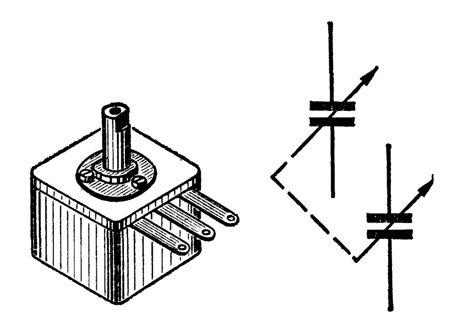
С условным обозначением КПЕ мы уже встречались (см. рис. 2 и 29) — это символ конденсатора постоянной емкости, перечеркнутый знаком регулирования. Однако из этого обозначения не видно, какая из «обкладок» является символом ротора, а какая — статора. Чтобы по-

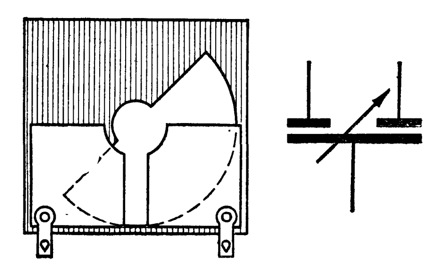
казать это на схеме, на обозначении ротора ставят точку (рис. 62).

Основными параметрами КПЕ, позволяющими оценить его возможности при работе в колебательном контуре, являются минимальная и максимальная емкости, которые, как правило, указывают на схеме рядом с символом КПЕ.

В большинстве радиоприемников и передатчиков для одновременной настройки нескольких колебательных контуров применяют блоки КПЕ, состоящие из двух, трех и более секций. Роторы в таких блоках закреплены на одном общем валу, вращая который можно одновременно изменять емкость всех секций. Крайние пластины роторов часто делают разрезными (по радиусу). Это дает возможность еще на заводе отрегулировать блок КПЕ так, чтобы емкости всех секций были одинаковыми в любом положении ротора.

Конденсаторы, входящие в блок КПЕ, на схемах изображают каждый в отдельности. Чтобы показать, что они объединены в блок, т. е. управляются одной общей ручкой, стрелки, обозначающие регулирование, соединяют тонкой штриховой линией, как показано на рис. 63.


Рис. 63.


Рис. 64.

В измерительной аппаратуре (например, в плечах емкостных мостов) находят применение так называемые дифференциальные (от латинского differentia — различие) конденсаторы. Они имеют две группы статорных и одну — роторных пластин, расположенных так, что, когда роторные пластины выходят из зазоров между пластинами одной группы статора, они в то же время входят между пластинами другой. При этом емкость между пластинами первого статора и пластинами ротора уменьшается, а между пластинами ротора и второго статора увеличивается. Суммарная же емкость между ротором и обоими статорами остается неизменной. Такие конденсаторы изображают на схемах тремя утолщенными линиями, две из которых (статоры) обычной длины (как в основном символе), а одна (общий ротор) более длинная и перечеркнута знаком регулирования (рис. 64).

Подстроечные конденсаторы. Для установки начальной емкости колебательного контура, которая определяет максимальную частоту его настройки, применяются подстроечные конденсаторы, емкость которых изменяется от единиц до двух-трех десятков пикофарад (иногда и более).

Основное требование к ним — плавность изменения емкости и надежность фиксации ротора в установленном при настройке положении. Оси подстроечных конденсаторов (обычно короткие) имеют шлиц, поэтому регулирование их емкости возможно только с применением инструмента (отвертки). Подстроечные конденсаторы также бывают с воздушным и твердым диэлектриком. В радиовещательной аппаратуре наиболее широко применяются конденсаторы с твердым диэлектриком.

Конструкция керамического подстроечного конденсатора (КПК) одного из наиболее распространенных типов показана на рис. 65, **а**. Он состоит из керамического основания

(статора) и подвижно укрепленного на нем керамического диска (ротора). Обкладки конденсатора — тонкие слои серебра — нанесены методом вжигания на статор и наружную сторону ротора. Изменение емкости осуществляется вращением ротора. В простейшей аппаратуре применяют иногда проволочные подстроечные конденсаторы. Такой конденсатор состоит из отрезка медной проволоки диаметром 1—2 и длиной 15—20 мм, на который плотно виток к витку намотан изолированный провод диаметром 0,2—0,3 мм (рис. 65, **б**). Емкость изменяют путем отматывания провода, а чтобы обмотка не сползала, ее пропитывают каким-либо изоляционным составом (лаком, клеем, парафином и т. п.).

Подстроечные конденсаторы обозначают на схемах основным символом, перечеркнутым знаком подстроечного регулирования (рис. 65, **в**).

Вариконды. Используя в качестве диэлектрика специальную керамику, диэлектрическая проницаемость которой сильно зависит от напряженности электрического поля, можно получить конденсатор, емкость которого зависит от напряжения на его обкладках. Такие конденсаторы получили название варикондов. При изменении напряжения от нескольких вольт до номинального емкость вариконда изменяется в 3—6 раз. Вариконды можно использовать в различных устройствах автоматики, в генераторах качающейся частоты, модуляторах, для электрической настройки колебательных контуров и т. д.

Условное обозначение вариконда состоит из основного символа конденсатора со знаком нелинейного саморегулирования и латинской буквы *U* (рис. 66).

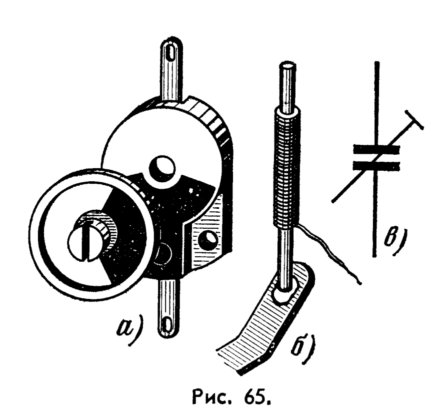


Рис. 65.

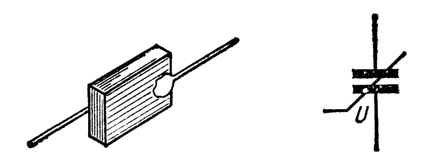


Рис. 66.

Катушки индуктивности, дроссели

К числу элементов, без которых невозможно построить радиоприемник, телевизор, магнитофон и многие другие радиоприборы, относятся катушки, дроссели и трансформаторы низкой и высокой частоты. Важнейшей характеристикой катушек и дросселей является индуктивность. В цепях переменного тока катушки индуктивности ведут себя как резисторы, сопротивление которых растет с увеличением частоты.

Индуктивность измеряют в генри (Г), миллигенри (1 мГ = 0,001 Г), микрогенри (1 мкГ = 0,001 мГ = = 0,000001 Г) и наногенри (1 нГ = = 0,001 мкГ = 0,000001 мГ = = 0,000000001 Г).

Одно из первых условных графических обозначений катушки напоминало рисунок спирали из провода, которым выполнена катушка. Позже витки катушек стали изображать в виде пересекающихся дуг окружностей. ГОСТ 7624—62 установил новое обозначение, построенное из нескольких полуокружностей, соприкасающихся концами (рис. 67). В ГОСТ 2.723—68, входящем в ЕСКД, это обозначение сохранено, однако для обеспечения соответствующих пропорций в размерах символа и большей выразительности его в сочетаниях с другими обозначениями установлено определенное число полуволн, равное четырем.

Индуктивность катушек, используемых в колебательных контурах радиовещательных приемников, в зависимости от рабочего диапазона частот находится в пределах от долей и единиц микрогенри (УКВ и КВ) до нескольких миллигенри (ДВ).

В радиоприемной и радиопередающей аппаратуре часто применяют катушки с регулируемой индуктивностью, являющиеся основным органом настройки колебательного контура в широком диапазоне частот. Часть витков такой катушки наматывают на каркасе большего диаметра, а другую часть — на каркасе меньшего диаметра. Малую катушку помещают внутрь большой и закрепляют на валике, ось которого перпендикулярна оси большой катушки, а выводы обмоток соединяют последовательно. При повороте валика взаимное влияние катушек изменяется, а в результате изменяется и общая индуктивность. Такие устройства получили название вариометров. На схемах вариометры изображают двумя символами катушек, расположенными параллельно или перпендикулярно друг другу. Изменение индуктивности показывают знаком регулирования, пересекающим оба символа (рис. 68).

В антенных контурах коротковолновых передатчиков и специальных приемниках УКВ применяют вариометры с переменным числом витков. Такой вариометр состоит из цилиндрического или конического каркаса со спиральной канавкой, в которую уложен провод катушки. К выступающей над каркасом части провода прижимается контактный ролик или пружинящая щетка, которые при вращении катушки скользят по виткам и перемещаются в плоскости параллельной образующей цилиндра или конуса. Таким образом, в контур оказывается возможным ввести необходимое число витков, т. е. получить нужную индуктивность.

В условном обозначении вариометра такой конструкции ролик или щетку изображают в виде стрелки, острие которой касается выпуклой части полуокружности основного символа (рис. 69).

Вариометры характеризуются плавным изменением индуктивности. Для ступенчатого изменения ее, а

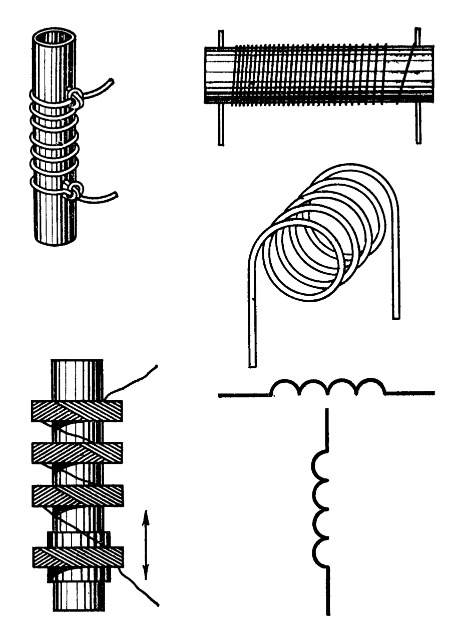


Рис. 67.

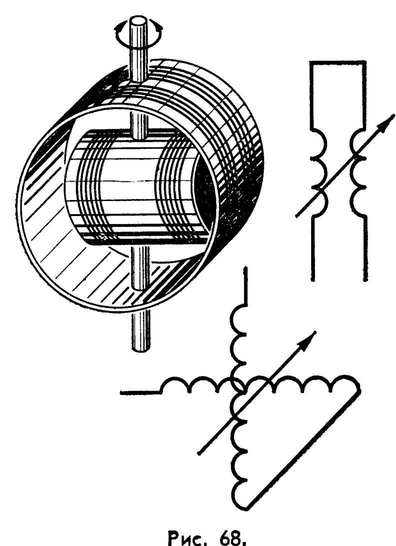


Рис. 68.

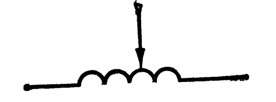


Рис. 69.

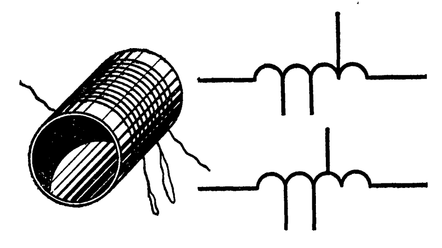


Рис. 70.

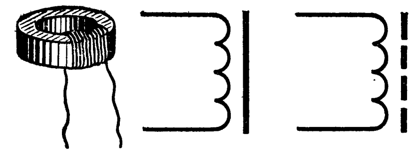


Рис. 71.

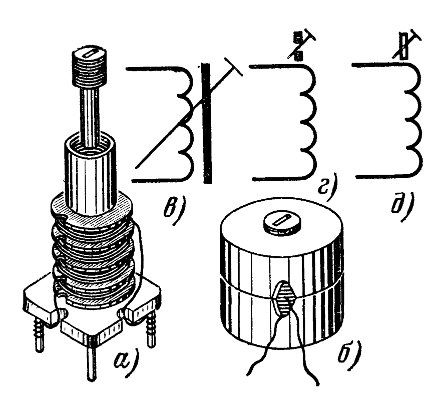


Рис. 72.

также в некоторых других случаях у катушек делают один или несколько отводов. Условное графическое обозначение таких катушек индуктивности получается из основного путем добавления линий, обозначающих отводы. На рис. 70 показано, как это можно делать.

Важным параметром, характеризующим качество катушки, является добротность, численно равная отношению ее индуктивного сопротивления переменному току к сопротивлению постоянному току. Чтобы увеличить добротность, пользуются разными конструктивными приемами, но наибольший эффект дает введение в катушку сердечника из специального магнитного материала.

При внесении сердечника внутрь катушки силовые линии магнитного поля концентрируются в нем, так как сопротивление сердечника магнитному потоку значительно меньше, чем воздуха. В результате магнитный поток, а следовательно, и индуктивность катушки увеличиваются в несколько раз, что дает возможность уменьшить число витков, а значит, и сопротивление катушки постоянному току. Кроме того, используя магнитные сердечники, удается значительно уменьшить размеры катушек и очень простым способом (перемещением сердечника) осуществлять регулировку их индуктивности.

Магнитные сердечники для высокочастотных катушек изготавливают из магнитодиэлектриков и ферритов. В магнитодиэлектриках мельчайшие частички вещества, содержащего в своем составе железо, равномерно распределены в массе какого-либо диэлектрика (бакелита, стирола, аминопласта). Наиболее широко применяют сердечники из альсифера (сплав алюминия, кремния и железа) и карбонильного железа.

Ферриты, получившие широкое распространение в последние два десятилетия, представляют собой твердые растворы окислов металлов или их солей, прошедшие специальную термическую обработку (обжиг). Получающееся при этом вещество — полупроводниковая керамика — обладает очень хорошими магнитными свойствами и малыми потерями даже на очень высоких частотах.

До введения ГОСТ 2.723—68 сердечники из магнитодиэлектриков и феррита обозначали на схемах одинаково — жирной штриховой линией, параллельной символу катушки (рис. 71). Новый ГОСТ оставил это обозначение для магнитодиэлектрических сердечников, а для ферритовых установил обозначение, применявшееся ранее только для сердечников низкочастотных дросселей и трансформаторов — сплошную жирную линию. При этом никакой путаницы в определении назначения катушек индуктивности (высокочастотная с ферритовым или

низкочастотная с сердечником из стали или пермаллоя) не возникает. Дело в том, что при изучении схем обращают внимание не только на символы отдельных элементов, но и на то, как они соединены между собой в той или иной функциональной группе, какое место в цепи преобразования сигнала эти группы занимают. И если, например, каскад высокочастотный, то катушку со «сплошным» сердечником нельзя спутать с низкочастотным дросселем.

Сердечники из магнитодиэлектриков и ферритов могут иметь самую разнообразную форму, но независимо от этого на схемах их обозначают одинаково.

Желая показать на схеме катушку, индуктивность которой можно изменять с помощью сердечника, в ее обозначение вводят знак подстроечного регулирования. Сделать это можно двумя способами: либо пересекая этим знаком обозначения катушки и сердечника (если последний изображен сбоку от символа катушки — см. рис. 72, **в**), либо — только сердечника (если он изображен над символом катушки — см. рис. 72, **г**).

Для подстройки катушек на частотах выше 15—20 Мгц часто применяют сердечники из немагнитных металлов и сплавов (меди, латуни и реже алюминия). Возникающие в нем под действием магнитного поля катушки вихревые токи создают свое поле, противодействующее основному, в результате чего индуктивность катушки уменьшается. Немагнитный сердечник-подстроечник обозначают в виде узкого незачерненного прямоугольника (рис. 72, **д**).

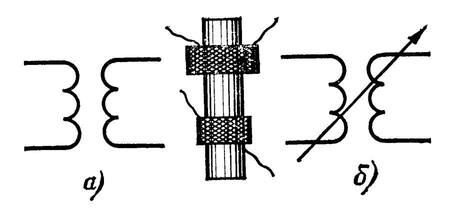


Рис. 73.

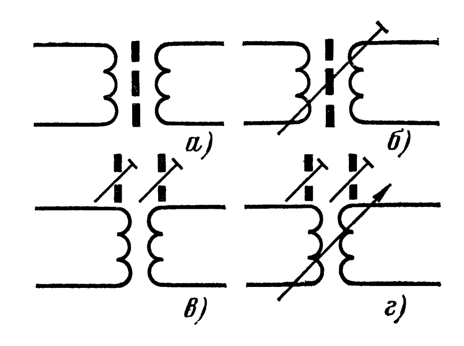


Рис. 74.

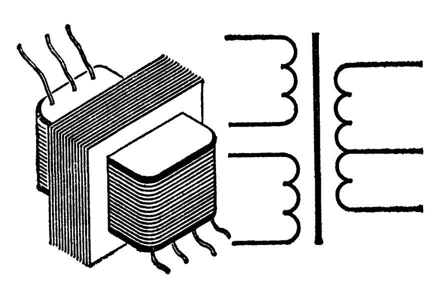


Рис. 75.

Трансформаторы

Трансформатор состоит из двух и более обмоток, индуктивно связанных между собой, т. е. размещенных достаточно близко друг к другу. На схемах это показывают расположением обозначений обмоток друг против друга на одном уровне (рис. 73, **а**). Связь между обмотками трансформатора может быть нерегулируемой (постоянной) и регулируемой. Последняя достигается разными способами, например изменением расстояния между обмотками, изменением их взаимного расположения и т. п. Чтобы показать это на схеме, обозначения обмоток пересекают знаком регулирования (рис. 73, **б**).

Трансформаторы, работающие на радиочастотах, обычно имеют сердечники из магнитодиэлектрика или феррита. Если этот сердечник общий для всех обмоток, его условное обозначение в символе трансформатора помещают между условными обозначениями обмоток (рис. 74, **а**), а желая показать, что с помощью этого сер-

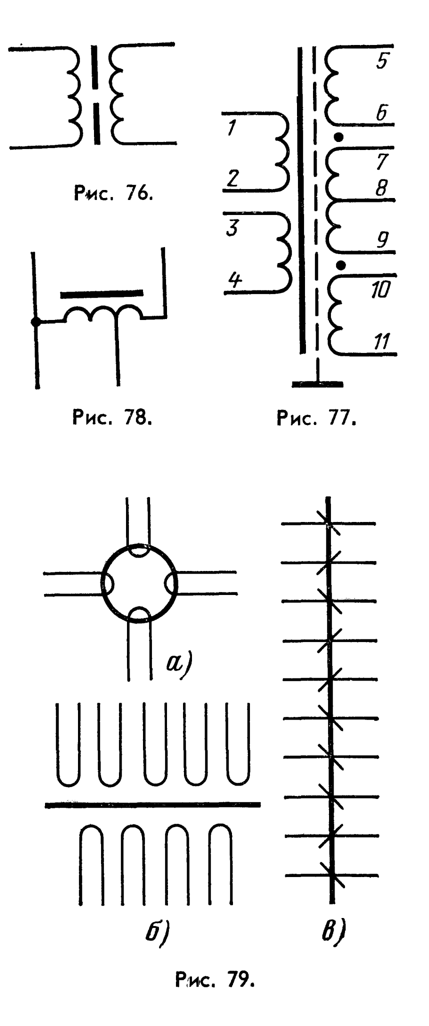


Рис. 76.

Рис. 78.

Рис. 77.

Рис. 79.

дечника трансформатор можно подстраивать, перечеркивают все элементы графического обозначения знаком подстроечного регулирования (рис. 74, **б**). Часто каждая из обмоток высокочастотного трансформатора имеет свой сердечник для изменения индуктивности. В этом случае обозначение сердечников со знаками подстроечного регулирования помещают над обозначениями обмоток (рис. 74, **в**, **г**).

В трансформаторах низкой частоты (рис. 75) применяют стержневые, броневые и тороидальные сердечники (магнитопроводы). Каждый из них можно выполнить либо из отдельных пластин, имеющих соответствующую форму, либо из лент, согнутых в виде спирали, витки которой прочно соединены между собой. Поскольку обмотки удобнее наматывать отдельно, пластины магнитопровода составляют из двух частей. Для уменьшения магнитного сопротивления в местах стыка пластины при сборке трансформатора укладывают таким образом, чтобы места стыка каждого предыдущего слоя перекрывались пластинами последующего.

Когда через обмотку трансформатора или дросселя низкой частоты, помимо переменного, протекает еще и постоянный ток (выходные трансформаторы в однотактных усилителях мощности, межкаскадные согласующие трансформаторы, дроссели фильтров питания), пластины магнитопровода собирают встык, оставляя немагнитный зазор между частями магнитопровода. Делают это для того, чтобы избежать насыщения магнитопровода полем постоянного тока. Сердечник с зазором обозначают двумя жирными линиями, между торцами которых оставляют пробел (рис. 76).

Большую группу трансформаторов образуют трансформаторы питания (силовые трансформаторы), с помощью которых получают все необходимые для работы радиоприбора напряжения. Такие трансформаторы часто содержат до десятка и более обмоток. На схемах нумеруют либо их выводы, либо сами обмотки (рис. 77). Желая показать по схеме начало обмотки, что иногда важно не только для монтажа, но и для правильного представления о процессах, протекающих в приборе (например, в фазовращающих устройствах), возле соответствующего вывода на условном графическом обозначении обмотки ставят жирную точку.

Некоторые устройства, питающиеся от сети переменного тока (коллекторные электродвигатели, сварочные аппараты), создают интенсивные помехи, которые могут проникнуть через сеть и силовой трансформатор в радиоприбор и нарушить его нормальную работу. Для ослабления этих помех между первичной (сетевой) и остальными обмотками помещают электростатический экран.

Последний представляет собой незамкнутый виток из полоски медной или алюминиевой фольги или один слой изолированного провода. Вывод от экрана соединяют с металлическим шасси или общей заземленной шиной прибора.

На условном графическом обозначении трансформатора экран изображают тонкой штриховой линией, параллельной символу сердечника, со знаком корпуса прибора на конце.

Для преобразования напряжений и токов применяют также автотрансформаторы. В отличие от трансформаторов они имеют всего одну обмотку с одним или несколькими отводами. Необходимые напряжения снимают с одного из концов обмотки и соответствующего отвода. Условное обозначение автотрансформатора приведено на рис. 78.

Особенности конструкции магнитопроводов (форму, размеры и т. п.) на схемах показывать не принято. Исключение составляют применяемые в вычислительной технике ферромагнитные элементы (запоминающие трансформаторы, элементы памяти). Такой элемент обычно имеет кольцевой магнитопровод, охватываемый несколькими обмотками. ГОСТ 2.723—68 рекомендует в зависимости от сложности схемы применять три вида условных обозначений такого рода элементов. Первое из них (наиболее наглядное) состоит из утолщенной окружности, символизирующей ферритовый магнитопровод, и пересекающих его предельно упрощенных обозначений обмоток (в виде полуокружностей — см. рис. 79, **а**). При числе обмоток более четырех сердечник изображают в виде жирной прямой линии, а символы обмоток располагают по обе стороны от него (рис. 79, **б**).

При большом количестве обмоток и сердечников применяют упрощенное обозначение ферромагнитного элемента, показанное на рис. 79, **в**. Здесь утолщенная вертикальная линия обозначает магнитопровод, тонкие горизонтальные линии — электрические связи между обмотками, наклонные черточки — сами обмотки. Черточка, наклоненная под углом 45° (проведена справа сверху вниз налево), означает, что с линией электрической связи эта обмотка соединена своим началом, если же угол наклона равен 135° — своим концом. При этом условно считают, что положительный импульс, проходящий в направлении слева направо, в первом случае перемагничивает магнитопровод в состояние «1», а во втором — в состояние «0». Следовательно, ферромагнитный элемент, обозначение которого приведено на рис. 79, **в**, представляет собой запоминающий трансформатор с 10 обмотками, из которых 2, 4, 5 и 9-я перемагничивают сердечник в состояние «1», а 1, 3, 6, 7, 8 и 10-я — в состояние «0».

Коммутирующие устройства

Коммутирующие устройства — это большая группа элементов электро- и радиоаппаратуры, предназначенных для включения, выключения и переключения различных электрических цепей (выключатели, переключатели, кнопки, реле и т. п.). Любой из этих элементов содержит одну или несколько пар контактов и устройство, при помощи которого эти контакты могут быть замкнуты или разомкнуты.

Выключатели используют для соединения и разъединения электрических цепей; они имеют два рабочих положения: «включено» и «выключено». Соединение и разъединение цепи (замыкание и размыкание) осуществляется подвижным контактом, который постоянно соединен с одним из неподвижных контактов, а с другим соединяется при установке ручки выключателя в положение «включено» либо выполнен в виде перемычки, соединяющей неподвижные контакты в том же положении. Это нашло отражение и в условном графическом обозначении замыкающих контактов выключателя на схемах. ГОСТ 2.725—68 устанавливает два символа контактов, наглядно передающих рассмотренный принцип коммутации (рис. 80). В обоих случаях подвижные контакты обозначают утолщенными линиями, а неподвижные — кружками на концах линий электрической связи.

В отличие от замыкающего контакта, который на схемах всегда показывают в выключенном положении, размыкающий контакт показывают во включенном положении (рис. 81). Следует отметить, что положение подвижных контактов на схемах принято обозначать исходя из того, что сила, действующая на них, направлена сверху вниз при горизонтальном изображении цепей схемы и слева направо при вертикальном изображении.

Сложные выключатели, предназначенные для коммутации сразу нескольких электрических цепей, могут содержать замыкающие, размыкающие контакты и их комбинации. Если нужно показать, что коммутация осуществляется одновременно, символы подвижных контактов соединяют двумя тонкими параллельными линиями (механическая связь). Выключатель, обозначение которого показано на рис. 82, имеет замыкающий и размыкающий контакты. С его помощью можно, например, включить питание прибора и одновременно разомкнуть чувствительный стрелочный измеритель тока, зажимы которого во избежание повреждения от действия сильных внешних магнитных полей должны быть замкнуты, когда прибор выключен.

Говоря об обозначениях замыкающих и размыкающих контактов, мы имели в виду, что их подвижные части могут быть зафиксированы в двух крайних положениях: замкнутом и разомкнутом. Однако существуют выключатели, у которых в одном из крайних положений контакты не фиксируются, т. е. после устранения действующей на них силы контакты возвращаются в исходное положение. Такие контакты обозначают на схемах иначе. Если хотят указать, что контакт не фиксируется в замкнутом положении, кружок заменяют треугольником, вершина которого как бы «отталкивает» символ подвижного контакта (рис. 83, **а**). В обозначении контакта без фиксации в разомкнутом положении изображают стрелку, острие которой направлено навстречу внешней силе, действующей на подвижную часть контакта (рис. 83, **б**).

Переключатели. В радиоэлектронной аппаратуре широко приме-

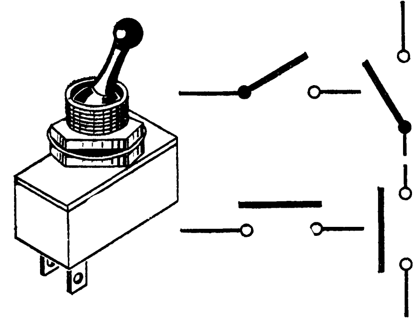


Рис. 80.

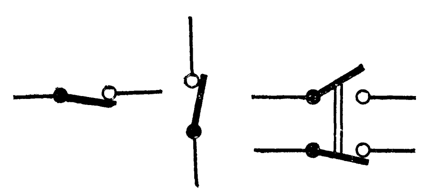


Рис. 81. Рис. 82.

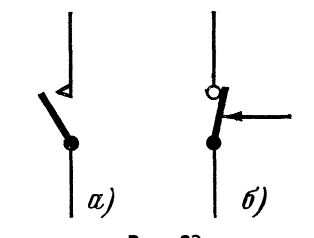


Рис. 83.

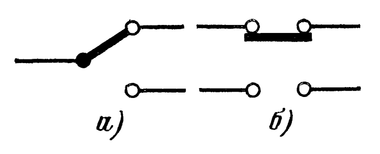


Рис. 84.

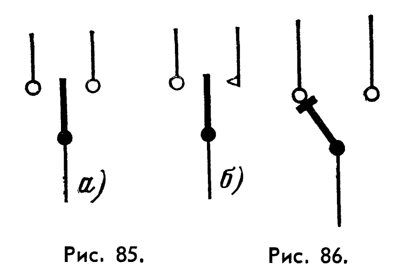


Рис. 85. Рис. 86.

няют переключатели — устройства, переключающие одновременно несколько цепей или имеющие несколько рабочих положений рукоятки. Переключающий контакт обозначают на схемах двумя способами. Обозначение, показанное на рис. 84, **а**, применяют при изображении переключения одной цепи на две другие, а показанное на рис. 84, **б** — при замыкании одной цепи и одновременном размыкании другой. Подвижный контакт изображают в одном из крайних положений, принятом за исходное, но обязательно поясняют это на схеме (например, на схеме приемника пишут: «переключатель диапазонов показан в положении «СВ»).

Подвижную часть переключателя, у которого подвижные контакты фиксируются не только в крайних, но и в среднем (нейтральном) положении, изображают между неподвижными контактами, на одинаковом расстоянии от них (рис. 85, **а**). Желая показать на схеме контакт переключателя с фиксацией в нейтральном и одном из крайних положений или вовсе без фиксации в крайних положениях, один или оба кружка, обозначающих неподвижные контакты, заменяют треугольником (рис. 85, **б**).

В некоторых случаях применяют переключатели с безобрывным переключением. При переводе такого переключателя из одного положения в другое подвижный контакт не разрывает цепь, соответствующую предыдущему положению, до тех пор, пока не соединит новую цепь. Подвижные контакты таких переключателей изображают с короткой черточкой на конце (рис. 86).

Широко распространены в радиоэлектронной аппаратуре кнопки — коммутирующие устройства, управляемые нажатием пальца. Условные графические обозначения замыкающего, размыкающего и переключающего контактов этих устройств отличаются от рассмотренных ранее только тем, что на обозначении подвижного контакта изображена короткая черточка, символизирующая нажимную часть кнопки (рис. 87).

Приведенные обозначения контактов выключателей и переключателей являются базовыми символами, из которых можно строить условные графические обозначения выключателей и переключателей любой сложности. Например, используя символ переключающего контакта, можно изобразить на схеме переключатель на одно направление и n (n — любое число) положений (рис. 88, **а**), на два направления и два положения с безобрывным переключением (рис. 88, **б**), на три направления и три положения, в том числе и нейтральное (рис. 88, **в**) и т. д. Когда говорят о переключателях, то под числом направлений понимают число независимых коммутируемых цепей. Обычно оно равно числу подвижных контактов переключателя.

Конструкция переключателей на несколько направлений и положений может быть самой различной. В радиоприборостроении широко используют галетные, барабанные, кнопочные (клавишные), кулачковые переключатели. Переключатель галетного типа состоит из одной или нескольких галет и механизма, фиксирующего положения подвижной части переключателя и ограничивающего его движение. Каждая галета состоит из неподвижной части, закрепленной на основании фиксирующего механизма (статора), и подвижной (рото-

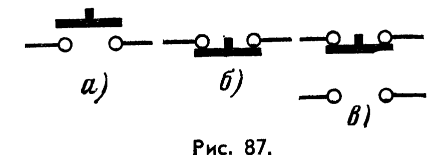


Рис. 87.

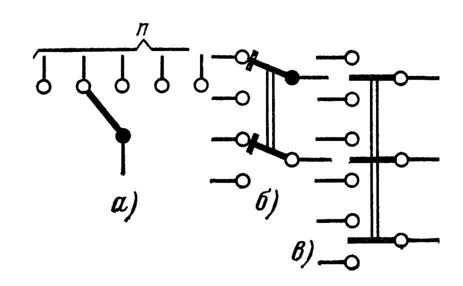


Рис. 88.

ра). На статоре закреплены 12 неподвижных контактов, часть которых (от одного до четырех) имеют несколько бо́льшую длину по сравнению с остальными. В зависимости от числа положений на роторе закреплены от одного до четырех подвижных контактов в форме кольца или секторов с выступами. Удлиненные контакты статора постоянно соединены с подвижными контактами ротора, остальные соединяются с ними поочередно. В зависимости от числа подвижных контактов на галете и от числа галет переключатели могут иметь разное число положений и направлений.

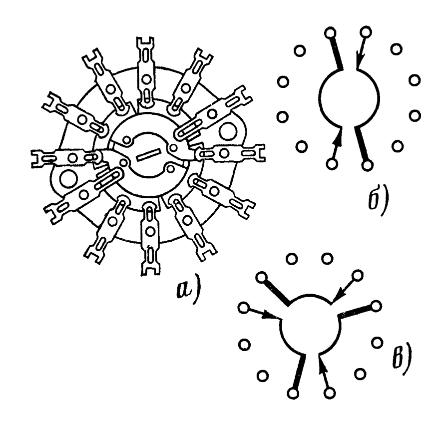


Рис. 89.

Условное графическое обозначение галетных переключателей наглядно отражает их устройство (рис. 89). Символы неподвижных контактов располагают по окружности, причем удлиненные контакты обозначают стрелками, касающимися своим острием кольца или дуг, обозначающих подвижные контакты, постоянно соединенные с ними.

Барабанные переключатели применяемые в телевизорах (селекторы каналов), радиоприемниках (переключатели диапазонов) и другой аппаратуре, представляют собой многогранную призму, на гранях которой с внутренней стороны смонтированы элементы электрических цепей (катушки, конденсаторы и т. п.), а с внешней — расположенные в определенном порядке контакты. При повороте барабана контакты разных граней поочередно соединяются с неподвижными пружинящими контактами, смонтированными на специальной плате. Барабанные переключатели обозначают на схемах двумя способами. Один из них (рис. 90, **а**) отдаленно напоминает принцип конструкции переключателя, другой (развернутый — рис. 90, **б**) менее нагляден, но более удобен при компоновке схем.

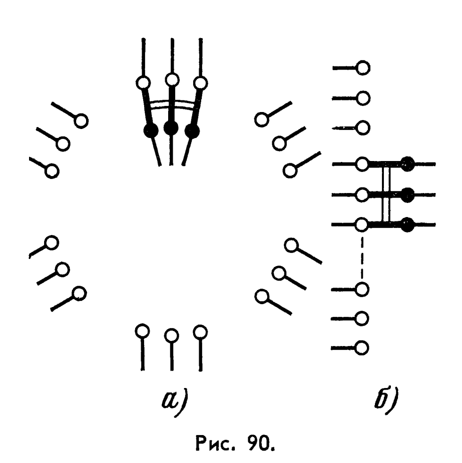


Рис. 90.

Условные обозначения кнопочных и клавишных переключателей строят из соответствующих обозначений контактов (замыкающих, размыкающих и переключающих), подвижные части которых объединены линиями механической связи.

В практике приходится иметь дело с переключателями, в которых одни и те же контакты многократно замыкаются или размыкаются в зависимости от положения рукоятки. Условные обозначения таких устройств, построенные конструктивным методом, т. е. «копированием» принципа их конструкции, получаются громоздкими. В подобных случаях ГОСТ 2.725—68 допускает использование условных обозначений контактов, построенных так называемым функциональным методом, когда группа элементов, имеющих одина-

ковое функциональное назначение, вне зависимости от конструкции обозначается одним обобщенным символом. В зависимости от схемы переключения применяют два способа обозначения замыкающих и размыкающих контактов. По первому из них контакт замыкающий в одну сторону (например, вправо) изображают штриховой линией, пересекающей вывод от правого неподвижного контакта, а контакт, замыкающий в обе стороны, — штриховой линией, проходящей между контактами. Аналогично изображают размыкающий контакт, но в этом случае на штриховой линии ставят жирную точку (рис. 91), подчеркивая этим, что в исходном состоянии контакты замкнуты. Условные графические обозначения переключателей со сложной коммутацией, построенные функциональным методом, получаются очень краткими и наглядными. Для примера на рис. 92 приведены условные обозначения двух таких переключателей. Первый из них представляет собой устройство, содержащее один размыкающий контакт. При повороте рукоятки этого переключателя вправо в положение **1** (рис. 92, **а**) и влево в положение **2** размыкающий контакт отключается (цепь разрывается), а при установке вправо в положение **2** и влево в положение **1** — остается во включенном состоянии (цепь замкнута).

Переключатель, схема которого показана на рис. 92, **б**, коммутирует четыре электрические цепи и имеет три рабочих положения. В цепь **А** включен размыкающий контакт, в остальные цепи — замыкающие контакты. Поэтому в положении **1** цепь **А** замкнута, цепи **Б**, **В** и **Г** — разомкнуты. При установке переключателя в положение **2** цепь **А** размыкается, цепь **Б** остается разомкнутой, а цепи **В** и **Г** замыкаются. В положении **3** цепь **А** также разомкнута, цепь **Б** замыкается, а цепи **В** и **Г** вновь размыкаются.

Переключатель, обозначение которого показано на рис. 92, **в**, коммутирует цепи в такой последовательности: в положении **1** цепь **А** замыкается на цепь **Б**, в положении **2** цепь **Б** — на цепь **В**, в положении **3** цепи **А**, **Б** и **В** замыкаются друг на

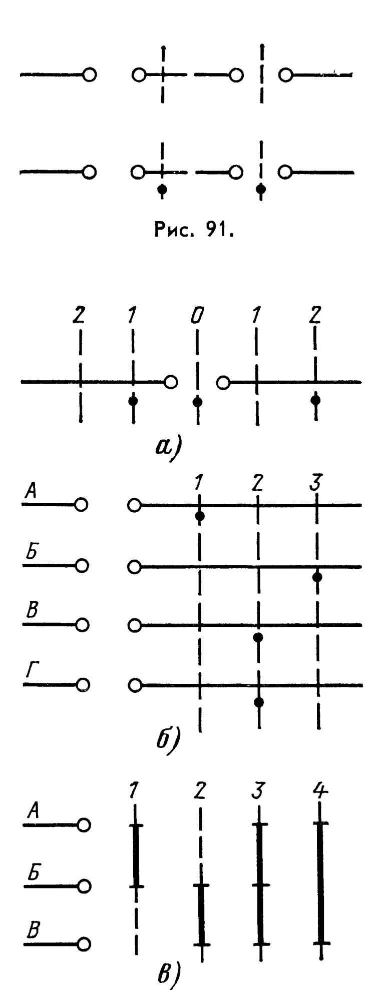


Рис. 91.

Рис. 92.

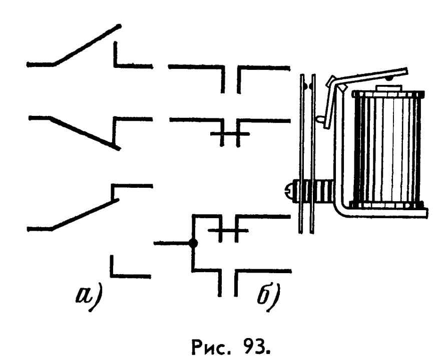


Рис. 93.

друга, а в положении **4** цепь **А** замыкается на цепь **В**.

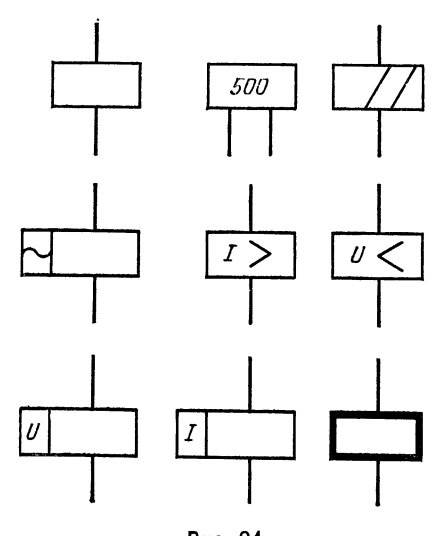


Рис. 94.

Для коммутации электрических цепей широко применяют всевозможные электрические реле — устройства, позволяющие осуществлять переключения на расстоянии часто при незначительной мощности управляющего сигнала.

Реле электромагнитное состоит из приводного механизма, основу которого составляет электромагнит, и контактов, положение которых изменяется при подаче на обмотку электромагнита управляющего сигнала. По окончании действия сигнала приводной механизм и контакты возвращаются в исходное положение. Таким образом, контакты реле имеют всего два рабочих состояния: замкнутое и разомкнутое.

Контакты электромагнитных реле, осуществляющие замыкание, размыкание и переключение цепей, обозначают на схемах двумя способами (рис. 93), причем в радиоэлектронике применяют в основном способ **а**.

Обмотки реле обозначают на схемах в виде прямоугольника, а их выводы — линиями электрической связи, присоединенными либо к обеим широким сторонам символа, либо только к одной из них (рис. 94). Внутри прямоугольника указывают сопротивление обмотки постоянному току, количество обмоток (две обмотки — две наклонные линии), назначение реле ($I>$ — реле максимального тока, $U<$ — реле минимального напряжения). Если необходимо указать род тока (переменный или постоянный), вид обмотки (токовая, напряжения) или выдержку времени при срабатывании или отпускании, длину прямоугольника увеличивают и обозначение этих характеристик записывают в его левой части, отделяя ее от остальной чертой.

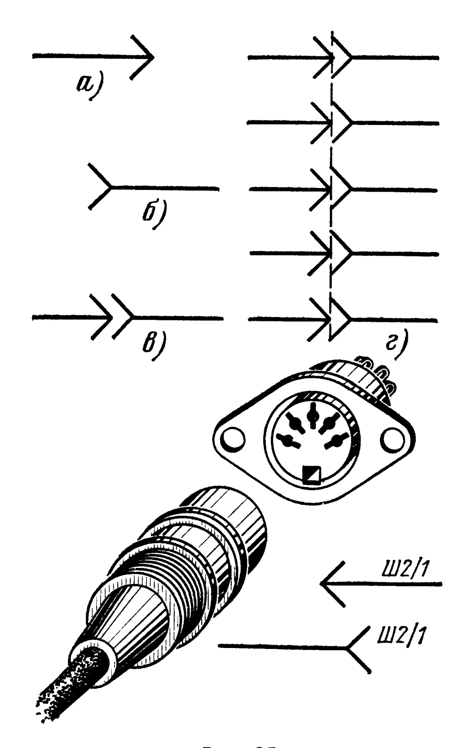


Рис. 95.

На символ обмотки реле очень похоже условное графическое обозначение электромагнитов, применяемых для управления работой различных механизмов в системах автоматики, телемеханики, связи, а также в бытовых радиоприборах, например в магнитофонах для управления работой лентопротяжного механизма.

Чтобы отличить на схемах обозначения обмоток реле от обозначений электромагнитов, последние выполняют утолщенной линией.

Разъемы и гнезда. К коммутирующим устройствам относятся разъемы, с помощью которых в радиоэлектронной аппаратуре соединяют блоки, стойки и целые системы. Для соединения низкочастотных цепей применяют многоконтактные штепсельные разъемы. В высокочастотных цепях используют специальные высокочастотные коаксиальные разъемы. Условные обозначения этой группы изделий построены из символов двух основных частей разъемов: гнездовой и штепсельной. Штепсельную часть (или просто штепсель) изображают на схемах в виде стрелки, гнездовую (гнездо) — в виде «обратной» стрелки (рогатки), как это показано на рис. 95, **а, б.** Если необходимо показать разъем в состыкованном виде, обозначения штепсельной и гнездовой части помещают рядом (рис. 95, **в**), а чтобы показать многоконтактный разъем, между ними проводят штриховую линию, как показано на рис. 95, **г.**

В конструкциях многоконтактных разъемов обязательно предусматриваются элементы, исключающие неправильное включение штепсельной и гнездовой частей, а для удобства монтажа контакты (штепсели и гнезда) нумеруют в определенном порядке. Чтобы легче было проследить по схеме соединения, осуществляемые контактами разъемов, те же номера присваивают и их обозначениям. Полное обозначение контакта разъема записывают в виде дроби, где в числителе указывают позиционное обозначение разъема, состоящее из буквы **Ш** и номера его по схеме, а в знаменателе — номер контакта. Например, надпись возле символа контакта **Ш2/1** означает: 1-й контакт второго разъема.

Для обозначения на схемах высокочастотных коаксиальных разъемов используют те же символы штепселя и гнезда, но со знаком коаксиальных линий — кружком с отрезком касательной линии внизу (рис. 96). При изображении такого разъема и его частей, соединенных с одиночными проводами, касательные направляют в сторону символов штепсельной и гнездовой частей. Если же к разъему присоединен коаксиальный кабель, касательную в обозначении разъема продолжают в сторону изображения коаксиального кабеля. Подобными правилами руководствуются и при изображении разъема, в котором наружные проводники коаксиальных линий изолированы друг от друга, или когда одна из частей (например, штепсельная) соединена с коаксиальным, а другая (например, гнездовая) — с одиночным проводом.

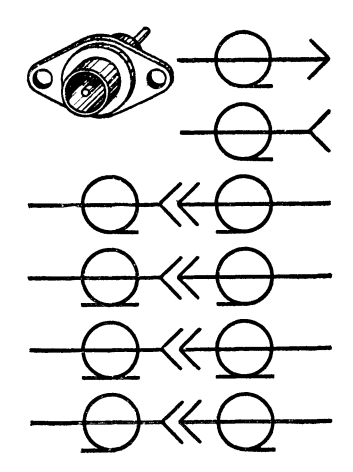


Рис. 96.

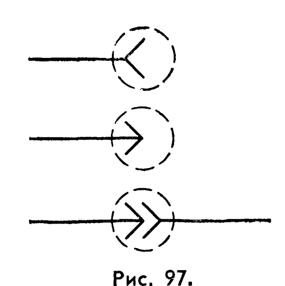


Рис. 97.

В аппаратуре, чувствительной к электрическим наводкам, применяют экранированные разъемы. Их условное обозначение состоит из основных символов, обведенных штриховым кружком (рис. 97).

В телефонной и в бытовой радиоаппаратуре применяют соединительные устройства, выполняющие также и функции выключателей и переключателей. В портативных транзисторных приемниках эти устройства служат для подключения телефонов с одновременным отключением встроенного громкоговорителя, в батарейных магнитофонах — для подключения сетевого блока питания с одновременным отключением встроенной батареи гальванических элементов и т. д. Гнездо такого разъема изображают в виде прямоугольника с зачерненными краями и символов контактов, расположенных параллельно оси симметрии прямоугольника, проходящей через его широкие стороны (рис. 98, **б**). Штепсельную часть обозначают одной или несколькими утолщенными параллельными линиями разной длины (рис. 98, **а**). При соединении частей такого разъема контакт гнезда, имеющий форму коромысла, и механически связанные с ним контакты изменяют свое положение по отношению к остальным, в результате чего и осуществляются необходимые переключения. Для большей наглядности подвижные контакты изображают утолщенными линиями с жирной точкой на конце.

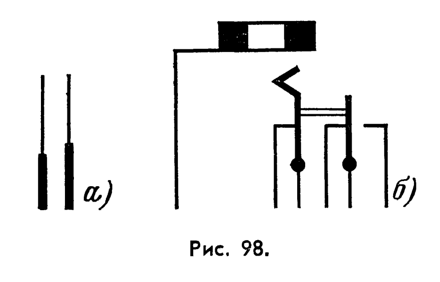


Рис. 98.

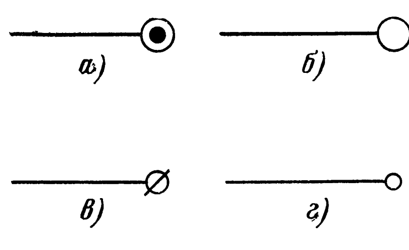


Рис. 99.

Гнезда для подключения антенны, телефона, звукоснимателя и т. п. обозначаются на схеме кружком с точкой в центре (рис. 99, **а**). В сложных радиоприборах для быстрой проверки напряжений в разных точках схемы, формы сигнала в отдельных цепях и т. п. предусматривают специальные контрольные гнезда. На схемах такие гнезда обозначают кружком без точки (рис. 99, **б**).

Кроме рассмотренных соединительных устройств, в радиоприборах применяют всевозможные зажимные соединения. Таким способом, например, соединяют металлический корпус радиоизмерительного прибора с проводом защитного заземления. Зажимное соединение обозначают на схемах небольшим кружком, перечеркнутым короткой черточкой под углом 45°, либо просто кружком несколько меньшего диаметра (рис. 99, **в**, **г**).

Электровакуумные приборы

Электровакуумными приборами называют большую группу приборов, действие которых основано на использовании электрических явлений в вакууме. Установленная ГОСТ 2.731—68 система условных обозначений электровакуумных приборов построена поэлементным способом. В качестве базовых элементов приняты обозначения баллона, нити накала, катода, сетки анода и других электродов (см. рис. 21, **е** и 22, **в**, **г**). Используя эти базовые символы, можно изобразить на схеме любой электровакуумный прибор, каким бы сложным он ни был.

В отличие от электронных в баллонах ионных приборов имеется какой-либо газ, находящийся под небольшим давлением. В ионных, или иначе, газоразрядных, приборах при прохождении тока через газ в электрических процессах участвуют не только электроны, но и ионы, получающиеся вследствие ионизации газа. Из сказанного ясно, что для сохранения вакуума или разреженного газа баллон электровакуумного прибора

должен быть герметичным. Подавляющее большинство электровакуумных приборов имеет стеклянный баллон, но он может быть металлическим, керамическим, металлокерамическим и т. д.

Независимо от конструкции баллона в условном обозначении электровакуумного прибора баллон изображают в виде круга, овала или (для сложных комбинированных приборов) квадрата со скругленными углами, вычерчиваемыми утолщенными линиями (рис. 100). Наличие газа в баллоне газоразрядных приборов показывают точкой в нижней правой части символа.

Размеры баллонов электровакуумных приборов установлены исходя из того, чтобы, во-первых, внутри него можно было разместить символы всех электродов того или иного прибора, а во-вторых, поскольку в любом радиоаппарате электровакуумные приборы являются основными элементами, обратить на них внимание при первом же взгляде на схему.

В обозначениях электронно-лучевых приборов (осциллографических трубок, кинескопов, передающих трубок и т. д.) символы баллона упрощенно воспроизводят его внешние очертания (рис. 101). Такие обозначения довольно сложны в начертании и громоздки, но при другой форме символа баллона трудно было бы представить принцип работы электронно-лучевого прибора, электроды которого расположены в определенной последовательности в узкой части баллона.

В некоторых электронных лампах внутреннюю поверхность баллона покрывают электропроводящим слоем, назначение которого предохранить лампу от воздействия внешних электрических полей либо экранировать ее собственные поля. Такой экран обозначают штриховой дугой с выводом в правой нижней части символа баллона (рис. 102, **а**). Наружный экран (обычно съемный) изображают таким же способом, но за пределами обозначения баллона (рис. 102, **б**), а если экраном служит сам металлический баллон или слой металла, нанесенный на поверхность стеклянного баллона, то это показывают отводом от контура символа (рис. 102, **в**). Внут-

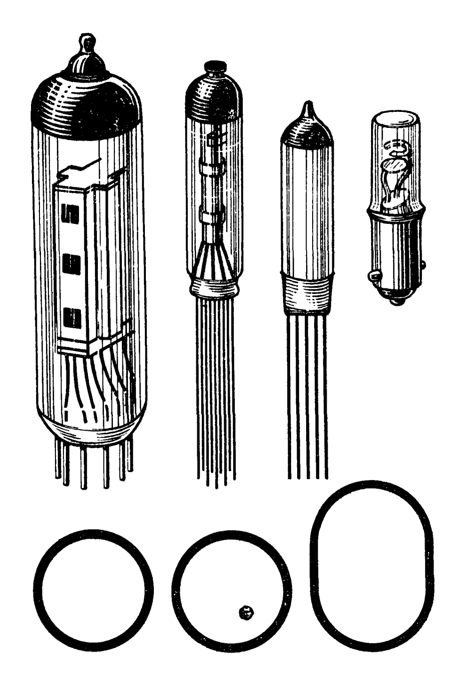


Рис. 100.

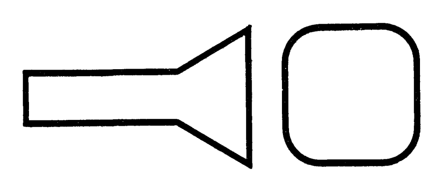


Рис. 101.

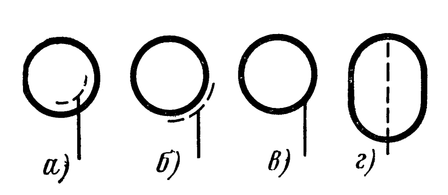


Рис. 102.

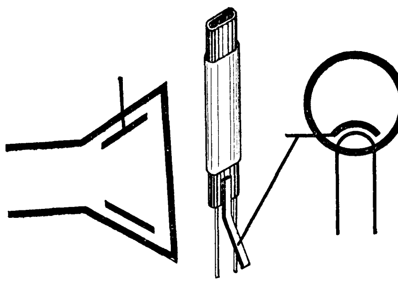


Рис. 103. Рис. 105.

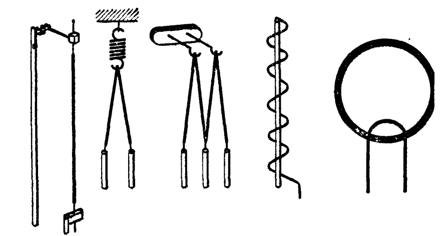


Рис. 104.

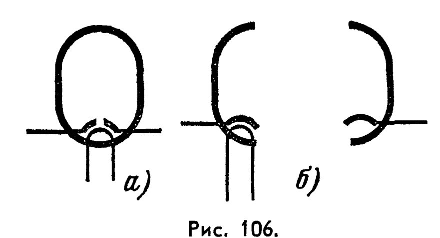


Рис. 106.

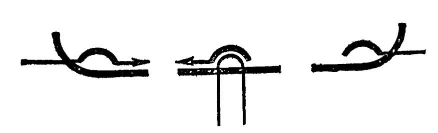


Рис. 107.

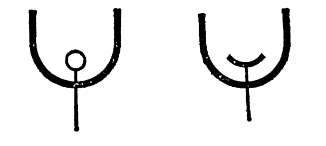


Рис. 108. Рис. 109.

ренний разделительный экран комбинированных электронных приборов, состоящих из нескольких самостоятельных приборов, изображают штриховой линией, разделяющей условные обозначения соответствующих групп электродов (рис. 102, **г**).

Токопроводящее покрытие на внутренней поверхности баллона электронно-лучевого прибора (аквадаг) изображают утолщенной линией с отводом. Помещают ее в раструбе символа баллона по обе стороны от оси симметрии (рис. 103).

В простейшем электронном приборе — д и о д е всего два электрода: катод и анод. Эти электроды имеются в любом электровакуумном приборе и служат для испускания (эмиттирования) электронов (катод) и собирания их (анод). В первых радиолампах катодом служила тонкая вольфрамовая проволока, раскаленная током добела. Такой катод, называемой еще нитью накала или катодом прямого накала, используется и в некоторых современных радиолампах, но его рабочая температура значительно ниже, чем в первых радиолампах. Конструктивно катод прямого накала — прямолинейная нить, приваренная к держателям, служащим для подведения тока к ней. Катод может быть выполнен в виде букв *V* и *W*, простой или двойной спирали и т. д. Независимо от этого катод прямого накала изображают тонкой дужкой в нижней части символа баллона (рис. 104).

Катоды прямого накала хорошо работают только при питании их постоянным током. Количество электронов, испускаемых катодом, в очень большой степени зависит от его температуры. Если такой катод питать переменным током, который 100 раз в секунду достигает максимального значения и столько же раз уменьшается до нуля, ток в анодной цепи также будет периодически изменяться, в результате нормальная работа лампы будет нарушена. Поэтому в электронных лампах с питанием от переменного тока применяют подогревные катоды. Нить накала в этом случае служит только для подогрева катода, который обычно тщательно от нее изолируется и имеет отдельный вывод. Масса такого катода вы-

бирается достаточно большой, чтобы он не успевал заметно остывать в те моменты, когда ток уменьшается до нуля.

Условное обозначение подогревного катода (катода косвенного накала) состоит из двух символов: подогревателя, изображаемого так же, как и катод прямого накала, и собственно катода, обозначаемого утолщенной линией (как и символ баллона — см. рис. 105).

Комбинированные лампы, состоящие из двух, трех и более самостоятельных электронных приборов, могут иметь как общий, так и раздельные катоды. Отдельные части такой лампы нередко используют в разных участках тракта радиоаппарата. Это приходится учитывать при составлении схемы и изображать их в разных, иногда далеко отстоящих друг от друга местах. Чтобы часть комбинированной лампы не спутать с другими электронными приборами, ее баллон вычерчивают не полностью. Если в комбинированной лампе один подогреватель, общий для всех катодов, его изображают только на одном из частичных символов (рис. 106), если же две части лампы имеют общий катод, то поступают, как показано на рис. 107.

Условное обозначение холодных катодов стабилитронов, тиратронов, тригатронов и тому подобных ионных приборов (эмиссия электронов из такого катода происходит под действием света, радиации или ионов газа) — незачерненный кружок (рис. 108).

Фотоэлектронные катоды применяют в фотоэлементах и фотоэлектронных умножителях. Для повышения эффективности (чувствительности) фотоэлектронных катодов их изготавливают из металлов, обладающих свойством интенсивно испускать электроны под действием света. Наиболее широкое распространение получили кислородно-цезиевые и сурьмяно-цезиевые катоды. На схемах фотоэлектронные катоды обозначают толстой дужкой, концентричной контуру условного обозначения баллона (рис. 109). Анод обозначают утолщенной черточкой, помещаемой обычно в противоположной катоду части символа баллона (см. рис. 22).

Электроны, летящие к аноду с очень большими скоростями (положительно заряженный анод притягивает их), бомбардируют его, отдавая свою кинетическую энергию частицам материала анода, в результате чего его температура увеличивается. Для отвода тепла аноды делают ребристыми (увеличивают поверхность теплоотвода), покрывают тонким слоем циркония или титана, значительно увеличивающим лучеиспускательную способность, и т. д.

При бомбардировке анода электронами наблюдается интересное явление. Запас кинетической энергии электронов бывает настолько велик, что они выбивают с поверхности анода новые электроны, которые в отличие от эмиттированных катодом первичных электронов получили название «вторичных» электронов. В обычных электронных лампах эти «вторичные» электроны играют вредную роль, и с этим явлением приходится бороться. Но в некоторых приборах, например фотоэлектронных умножителях, принимают специальные меры (например, обрабатывают соответствующим способом поверхность анода) для того, чтобы первичные электроны выбивали как можно больше «вторичных». Такой анод, излучающий вторичные электроны, изображают с тонкой дужкой на выводе, обращенной вогнутой частью в сторону символа анода (рис. 110). При недостатке места внутри баллона дужку изображают за пределами его обозначения (например, в символе передающей трубки — суперортикона — см. рис. 111).

В бытовой радиоаппаратуре (радиоприемниках, магнитофонах) применяют электронные приборы, облегчающие точную настройку на радиостанцию, установку необходимого уровня сигнала при записи на магнитную ленту. Это так называемые элек-

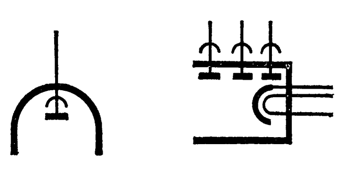


Рис. 110. Рис. 111.

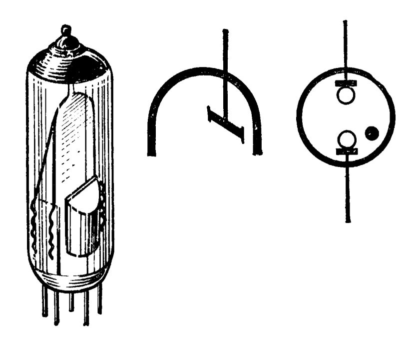


Рис. 112. Рис. 113.

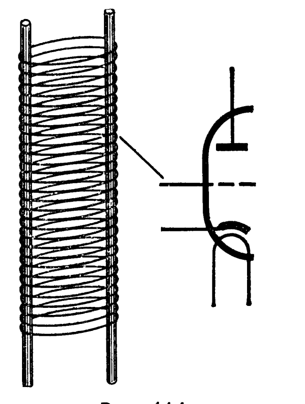


Рис. 114.

тронно-световые индикаторы. В них имеется специальный электрод, который флюоресцирует (светится) под влиянием бомбардировки электронами его поверхности. Величина поверхности свечения зависит от управляющего напряжения, подаваемого на индикатор.

Флюоресцирующий анод электронно-светового индикатора изображают наклонной черточкой со штрихами на концах (рис. 112). Такой же символ, но без черточек используют для обозначения анода рентгеновской трубки.

В неоновых лампах и некоторых других ионных приборах имеются два электрода, которые при работе в цепях переменного тока могут попеременно выполнять функции анода и холодного катода (в зависимости от направления тока). Такие комбинированные электроды обозначают символом, совмещающим в себе обозначения холодного катода и анода (рис. 113).

Но вернемся к двухэлектродной лампе — диоду. Его основное свойство — односторонняя проводимость — определяет и основную область его применения: выпрямление переменного тока, детектирование модулированных колебаний. Но для того, чтобы, например, продетектированный слабый сигнал можно было услышать из громкоговорителя, его надо во много раз усилить. Простейший усилительный электронный прибор — триод, помимо катода и анода, содержит еще электрод, управляющий величиной анодного тока, — управляющую сетку. В современных радиолампах сетку чаще всего выполняют в виде цилиндрической или эллипсовидной спирали, витки которой для сохранения заданной формы приварены к держателям — траверсам. Последние используются также и в качестве выводов сетки.

Стандарт ЕСКД установил обозначение сетки в виде тонкой штриховой линии. Количество штрихов в обозначении выбрано равным трем (рис. 21, **е** и 22, **в, г**). В символах комбинированных ламп, где место ограничено, число штрихов уменьшают до двух (рис. 114).

Триоды нашли очень широкое применение в радиотехнике. Их используют для усиления колебаний низкой частоты, генерирования высокочастотных колебаний (например, в гетеродинах радиоприемников). Применяют триоды и для усиления колебаний высокой частоты (вплоть до УКВ), но при этом приходится принимать специальные меры, нейтрализующие недостатки триодов, наиболее существенным из которых является емкость между анодом и управляющей сеткой. Эта емкость, получившая название проходной, особенно сказывается на работе триода при усилении высокочастотных колебаний. Для них проходная емкость представляет собой небольшое емкостное сопротивление, через которое часть высокочастотного напряжения, усиленного лампой, снова попадает на управляющую сетку. В результате действия такой связи усилительный каскад на триоде может даже возбудиться.

От этого недостатка свободны четырехэлектродные лампы — **тетроды** (тетра — по-гречески четыре), у которых между управляющей сеткой и анодом имеется еще одна сетка (рис. 115, **а**). На эту сетку, как и на анод, подают положительное напряжение и, кроме того, соединяют ее через блокировочный конденсатор с минусом источника питания. При таком включении дополнительная сетка является электростатическим экраном между управляющей сеткой и анодом, поэтому емкость между ними резко уменьшается. Эта сетка получила название экранирующей.

Но наличие экранирующей сетки, если не принять дополнительных мер, резко ухудшает характеристики тетрода из-за проявления так называемого динатронного эффекта, причина которого лежит во «вторичных» электронах, выбитых из анода. Поскольку экранирующая сетка, как и анод, находится под положительным по отношению к катоду потенциалом, «вторичные» электроны притягиваются ею и создают ток, уменьшающий ток анода. Этот недостаток тетродов устраняют разными путями. Один из них — введение между экранирующей сеткой и анодом еще одной сетки. Эту третью по счету сетку, получившую название защитной, делают очень редкой и соединяют с катодом. Благодаря этому «вторичные» электроны отталкиваются ею и возвращаются на анод. Электронную лампу с тремя сетками называют **пентодом** (пента — по-гречески пять), а обозначают, как показано на рис. 115, **б**.

Второй способ устранения динатронного эффекта — это введение в электронную лампу экранирующих электродов, соединенных с катодом, и применение особых конструкций и расположения самих сеток. В таком тетроде электроны летят от катода к аноду пучками (лучами), поэтому и называют его лучевым. Лучеобразующие пластины обозначают двумя утолщенными черточками, направленными к символу анода, и соединяют с обозначением катода внутри баллона (рис. 116).

В радиотехнике применяют и более сложные электронные лампы, содержащие четыре, пять и даже шесть сеток (рис. 117). По общему количеству электродов их называют **гексодами** (гекса — шесть), **гептодами** (гепта — семь) и **октодами** (окта — восемь). В многосеточных лампах, например преобразовательных, может быть не одна, а две управляющие, две экранирующие сетки.

Обозначения электронных ламп состоят из цифр и букв. Первый элемент обозначения — цифра — округленно указывает напряжение накала подогревателя или катода прямого накала. Например, цифра 1 обозначает 1,2 В, 6—6,3 В и т. д. Второй элемент — буква — характеризует тип лампы: А — гептод; Д — детекторный диод; Ц — выпрямительный диод (или два таких диода); С — триод; Э — тетрод; П — выходной пентод или лучевой тетрод; К и Ж — пентоды; Е — электронно-световой индикатор и т. д. Третий элемент — цифра — обозначает порядковый номер разработки лампы данного типа, позволяет различать однотипные лампы между собой. Стоящая после этой цифры буква характеризует конструктивное исполнение лампы: П — пальчиковая, т. е. цельностеклянная лампа со штырьками, выходящими непосредственно из стеклянного дна баллона; С — стеклянная лампа с

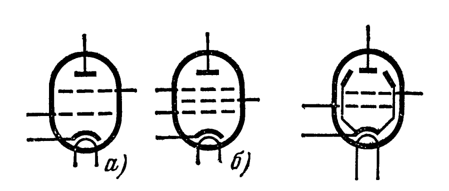
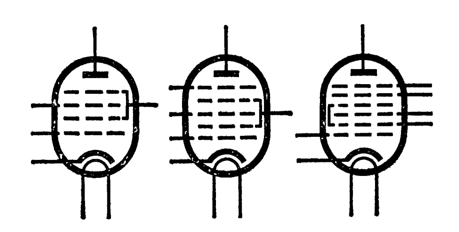


Рис. 115. Рис. 116.


Рис. 117.

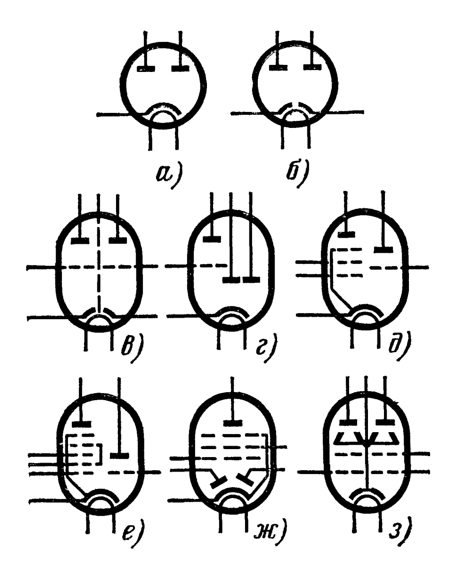


Рис. 118.

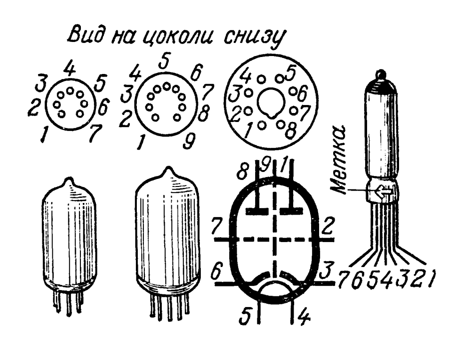


Рис. 119.

восьмиштырьковым (октальным) цоколем; А, Б — сверхминиатюрные лампы с выводами из гибких проводников.

Зная эту систему обозначений, можно, например, сразу сказать, что лампа 6С3Б — это триод с напряжением накала 6,3 В, третий тип, в стеклянном сверхминиатюрном исполнении; 6Е3П — электронно-световой индикатор с таким же напряжением накала, третий тип, в пальчиковом исполнении.

Обозначение типа электронного прибора часто указывают рядом с позиционным буквенным обозначением — буквой **Л** (например, **Л2** 6Ж3П, **Л6** 6А2П и т. д.).

Широкое применение в радиоаппаратуре находят комбинированные электронные лампы, из числа которых простейшими являются двойные диоды с общим или раздельными катодами. Их условное графическое обозначение состоит из символа баллона (окружность), двух символов анода и соответствующего числа символов катода (рис. 118). Обозначения двойных триодов, двойных и тройных диод-триодов, триод-пентодов, триод-гептодов, двойных лучевых тетродов и тому подобных сложных ламп строят с использованием овального символа баллона (рис. 118, **в—з**). В названиях комбинированных ламп слова «двойной» и «тройной» относятся к термину, следующему за ними. Так, название «двойной диод — триод» означает, что комбинированная лампа содержит два диода и один триод.

Для обозначения таких ламп также приняты определенные буквы: Г — триод с одним или двумя диодами (диод-триод или двойной диод-триод); Х — двойной диод (детекторный); Н — двойной триод; Ф — триод-пентод; И — триод-гексод или триод-гептод.

Выводы электродов электровакуумных приборов выполняют по-разному. У одних они подпаяны к специальному цоколю, у других — к проволочным штырькам, выходящим непосредственно из дна стеклянного баллона, у третьих — к гибким проволочным выводам. Но в любом случае порядок, в котором расположены выводы, вполне определенный. Если штырьки размещены по окружности (лампы с октальным цоколем, пальчиковые и др.), то счет им начинается либо от специального ключа, либо от увеличенного промежутка между штырьками в направлении по часовой стрелке. У сверхминиатюрных ламп проволочные выводы часто располагают в одной плоскости. В этом случае счет выводов начинают либо от цветной метки, либо в направлении рельефной стрелки на плоской части баллона.

Для облегчения ориентировки в монтаже радиоприбора цифры, соответствующие номерам штырьков или проволочных выводов, указывают возле соответствующих символов электродов на принципиальных схемах и схемах соединений (рис. 119).

Условные обозначения электронно-лучевых приборов существенно отличаются от обозначений рассмотренных электронных и ионных приборов. Общими для них являются только символы подогревателей и катодов. Управляющий электрод (модулятор), с помощью которого (подачей отрицательного напряжения относительно катода) осуществляется управление интенсивностью электронного луча, обозначают символом, напоминающим реальное устройство модулятора в разрезе — цилиндрический стакан с отверстием в дне (рис. 120, **а**). За модулятором расположен ускоряющий и фокусирующий электроды, называемые иногда анодами.

К этим электродам подводятся разные по величине положительные напряжения, в результате чего при определенном соотношении этих напряжений электронный поток фокусируется на экране прибора в узкий пучок (луч).

Символы фокусирующих электродов электронно-лучевых приборов напоминают обозначения сеток электронных ламп, однако в отличие от последних состоят из двух утолщенных штрихов (рис. 120, **б**).

Фокусировку луча с помощью фокусирующих электродов называют электростатической в отличие от магнитной и электромагнитной фокусировок, когда тех же результатов добиваются применением постоянных магнитов и электромагнитов. Символы фокусирующего магнита (жирная скобка) или электромагнита (катушка индуктивности в виде трех полуокружностей) помещают за пределами символа баллона (рис. 120, **в**).

Для отклонения луча недалеко от фокусирующих электродов помещают перпендикулярно друг другу две пары отклоняющих пластин. Здесь используется свойство электронов притягиваться к положительно заряженным телам и отталкиваться от заряженных отрицательно. При подаче на одну из пар пластин какого-либо постоянного напряжения электронный луч отклоняется в сторону пластины, заряженной положительно по отношению к другой. Если же к пластинам подводится переменное напряжение, луч непрерывно отклоняется от одной пластины к другой и на экране прибора прочерчивается светящаяся линия. То же самое происходит с лучом и при подаче отклоняющего напряжения на вторую пару пластин. В результате электронный луч можно отклонить в любую точку экрана. Электростатическое отклонение луча используется в основном в осциллографических трубках. Символы отклоняющих пластин очень похожи на обозначения конденсаторов постоянной емкости, только «обкладки» у них короче и несколько дальше отстоят друг от друга (рис. 120, **г**).

В приемных телевизионных трубках — кинескопах применяется элек-

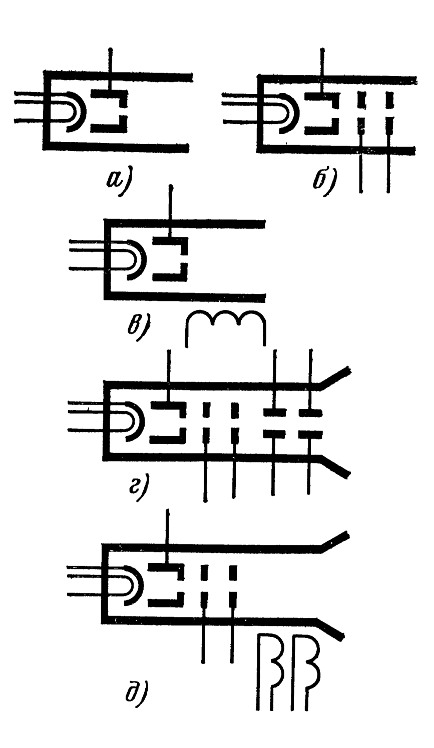


Рис. 120.

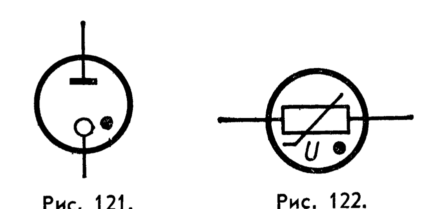


Рис. 121. Рис. 122.

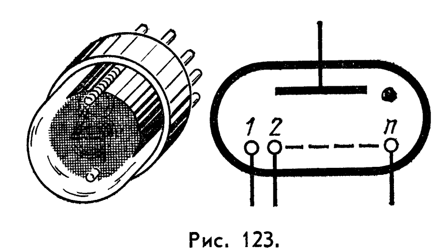


Рис. 123.

тромагнитное отклонение луча с помощью двух пар катушек, помещаемых на горловине трубки. При прохождении через эти катушки отклоняющих токов пилообразной формы в горловине трубки создаются взаимно перпендикулярные магнитные поля, которые и отклоняют электронный луч.

Катушки электромагнитного отклонения обозначают так же, как катушки индуктивности, но из двух полуокружностей и располагают их за пределами символа баллона перпендикулярно его оси симметрии (рис. 120, **д**).

Заканчивая разговор об электровакуумных приборах, познакомимся кратко с некоторыми ионными приборами, широко применяемыми в электронике. Один из них — **стабилитрон** — служит для стабилизации постоянных напряжений. Он состоит из анода и холодного катода, помещенных в баллон, наполненный смесью инертных газов (аргон — неон, аргон — гелий и т. п.). При подаче на анод напряжения, большего некоторой величины, в стабилитроне зажигается тлеющий газовый разряд, характеризующийся тем, что при изменении в определенных пределах тока разряда напряжение между катодом и анодом остается практически неизменным.

Условное обозначение стабилитрона построено из символов баллона ионного прибора (круг с точкой внутри), холодного катода и анода (рис. 121).

Для стабилизации тока используют прибор, получивший название б а р р е т о р а. Основу его составляет тонкая железная проволока, помещенная в атмосферу водорода. При пропускании тока проволока накаляется, в результате чего ее сопротивление увеличивается во много раз. В определенном диапазоне напряжений сопротивление барретора резко изменяется в зависимости от приложенного к нему напряжения. Изменение напряжения вызывает соответствующее изменение сопротивления барретора, благодаря чему ток через него практически не изменяется. На схемах барреторы обозначают как нелинейный саморегулирующийся резистор, помещенный в символ баллона ионного прибора (рис. 122).

В счетно-решающих устройствах, измерительной технике, пультах управления и т. п. для визуальной индикации электрических сигналов применяют ц и ф р о в ы е и н д и к а т о р ы т л е ю щ е г о р а з р я д а. Анод индикатора выполнен в виде сетчатой пластины, а катоды — в виде металлических цифр (от 0 до 9) или запятой. Внутри баллона находится неон с незначительной примесью аргона. При подаче напряжения между анодом и выбранным с помощью специальных электронных коммутаторов катодом вокруг последнего возникает тлеющий разряд, свечение которого повторяет форму катода.

Условное графическое обозначение цифрового индикатора тлеющего разряда состоит из символа баллона овальной формы, нескольких символов холодных катодов и символа анода, при этом на схеме обычно изображают не все катоды, а только два или три крайних (рис. 123). Остальные катоды заменяют штриховой линией, означающей в данном случае примерно то же, что и выражение «и т. д.». Над символами катодов пишут соответствующие их форме цифры или знаки.

Полупроводниковые приборы

Полупроводниковые приборы применялись в радиотехнике еще до изобретения электронных ламп. Изобретатель радио А. С. Попов использовал для обнаружения электромагнитных волн вначале когерер (стеклянную трубку с металлическими опилками), а затем контакт стальной иглы с угольным электродом. Это был первый полупроводниковый диод — детектор. Позже были созданы детекторы с использованием естественных и искусственных кристаллических полупроводников (галена, цинкита, халькопирита и т. д.). Такой детектор состоял из кристалла полупроводника, впаянного в чашечку-держатель, и стальной или вольфрамовой пружинки с заостренным концом (рис. 124). Местоположение контакта острия с кристаллом находили опытным путем, добиваясь наибольшей громкости передачи радиостанции.

В 1922 г. сотрудник Нижегородской радиолаборатории О. В. Лосев обнаружил замечательное явление: кристаллический детектор, оказывается, может генерировать и усиливать электрические колебания. Это было настоящей сенсацией, но недостаточность научных познаний, отсутствие нужного экспериментального оборудования не позволили в то время глубоко исследовать суть процессов, происходящих в полупроводнике, и создать полупроводниковые приборы, способные конкурировать с электронной лампой. Первый полупроводниковый трехэлектродный усилительный прибор, получивший название транзистора, был создан в 1948 г.

Что же представляют собой полупроводники, являющиеся основой всех приборов этого класса? Известно, что проводниками называют материалы, обладающие при комнатной температуре удельным сопротивлением менее 0,001 Ом · см. Диэлектрики при той же температуре имеют удельное сопротивление от 10^{18} до 10^{24} Ом · см. К полупроводникам относят материалы, обладающие удельным сопротивлением от 10^{-3}—10^{-2} до 10^{8}—10^{10} Ом · см. Как это ни покажется удивительным, но количество полупроводников, известных в настоящее время, намного превышает количество проводников и диэлектриков.

Но не всякий полупроводник пригоден для изготовления полупроводниковых приборов, а только очень чистый. Всего лишь один атом примеси на 10 млрд. атомов основного вещества можно допустить в исходном материале, иначе качество полупроводникового прибора будет низким. Для изготовления полупроводникового прибора необходимо также, чтобы полупроводник обладал определенной примесной проводимостью. Для этого в чистый исходный материал, например германий, вводят строго определенное количество примеси. Если хотят получить электронную проводимость, т. е. полупроводник, в котором в качестве переносчиков зарядов будут служить электроны, в него вводят так называемые донорные вещества, например сурьму, мышьяк, фосфор. Для получения полупроводника с дырочной электропроводностью (в качестве переносчиков зарядов выступают атомы с утраченными электронами) добавляют так называемые акцепторные вещества (индий, бор, алюминий). Примеси вводят в очень небольших количествах — из расчета 1 атом примеси на 10—100 млн. атомов основного вещества.

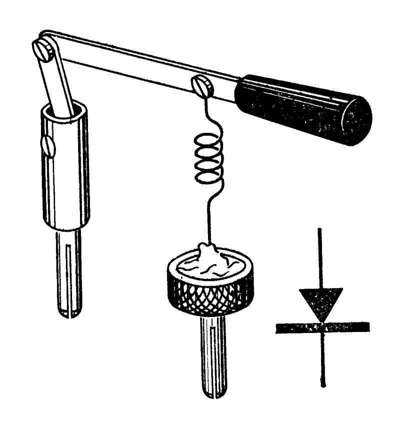


Рис. 124.

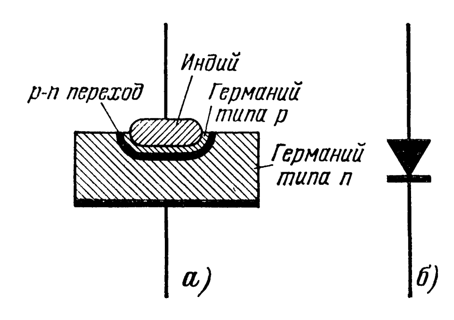


Рис. 125.

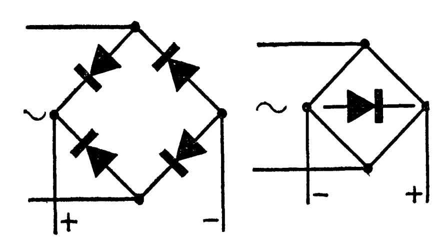


Рис. 126.

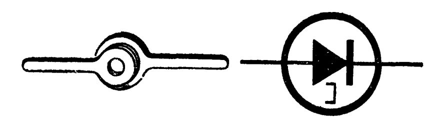


Рис. 127.

Полупроводники с электронной электропроводностью называют полупроводниками типа *n* (от латинского negativus — отрицательный), с дырочной электропроводностью — типа *p* (от латинского positivus — положительный).

Контакт полупроводников с разными типами электропроводности называют *p-n* или *n-p* переходом (рис. 125, **а**). Основным свойством *p-n* перехода является его односторонняя проводимость (в направлении от области *p* к области *n*). Поэтому простейшие полупроводниковые приборы — диоды, состоящие из одного *p-n* перехода, широко применяют для выпрямления переменного тока и детектирования модулированных сигналов.

Полупроводниковые диоды обозначают символом, сохранившимся в основных чертах со времен первых радиоприемников (рис. 125, **б**). Вершина треугольника в этом символе указывает направление наибольшей проводимости. Этот же символ установлен ГОСТ 2.730—68 и для обозначения полупроводниковых выпрямителей, состоящих из нескольких последовательно, параллельно и смешанно соединенных диодов.

Выпрямители для питания радиоаппаратуры часто строят по мостовой схеме, начертание которой (квадрат, стороны которого образованы диодами) давно уже стало общепринятым. В связи с этим для обозначения мостовых выпрямителей стали использовать упрощенный символ — квадрат с символом одного диода внутри (рис. 126). В зависимости от величины выпрямляемого напряжения каждое плечо может состоять из одного, двух и более диодов.

На основе символа диода построены условные графические обозначения и ряда других полупроводниковых приборов с особыми свойствами. Последние обозначают специальными знаками возле основного символа. Для акцентирования внимания на обозначениях этих приборов в схемах их помещают в утолщенный кружок — символ баллона полупроводникового прибора.

Знак, напоминающий прямую скобку, используют для обозначения туннельных диодов, широко применяемых сейчас в различной аппаратуре (рис. 127). Изготавливают их из полупроводниковых материалов с очень большим содержанием примеси, в результате чего полупроводник превращается в полуметалл. Благодаря необычной форме вольтамперной характеристики (на ней имеется участок отрицательного сопротивления) туннельные диоды используют для усиления и генерирования электрических сигналов и в переключающих устройствах. Важ-

ным достоинством этих диодов является то, что они могут работать на очень высоких частотах (до 10^{11} Гц).

Разновидностью туннельных диодов являются обращенные диоды, у которых при малом напряжении на переходе проводимость в обратном направлении намного больше, чем в прямом. Используют такие диоды при обратном включении, показывая это стрелкой, направленной от слоя *n* к слою *p* (рис. 128).

Прочное место в выпрямительных устройствах, особенно низковольтных, завоевали полупроводниковые стабилитроны, работающие также на обратной ветви вольт-амперной характеристики. Это плоскостные кремниевые диоды, изготовленные по особой технологии. При включении их в обратном направлении и определенном напряжении на переходе последний «пробивается», и дальнейшее незначительное повышение напряжения на нем приводит к существенному увеличению тока через переход. Благодаря этому свойству стабилитроны широко применяют в качестве самостоятельных стабилизаторов напряжения, а также источников стабильного опорного напряжения в стабилизаторах на транзисторах. Для получения малых опорных напряжений стабилитроны включают в прямом направлении, при этом напряжение стабилизации одного стабилитрона равно 0,7—0,8 В. Такие же результаты получаются и при включении в прямом направлении обычных кремниевых плоскостных диодов. В последнее время для стабилизации низких напряжений разработаны и широко применяются специальные полупроводниковые диоды — стабисторы. Отличие их от стабилитронов заключается в том, что они работают на прямой ветви вольт-амперной характеристики, т. е. при включении в прямом (проводящем) направлении. Стабилитроны и стабисторы обозначают основным символом диода со знаком в виде прямого уголка, упрощенно воспроизводящим рабочий участок вольт-амперной характеристики этих приборов (рис. 129).

Электронно-дырочный переход, к которому приложено обратное напряжение, обладает свойствами конденсатора. При этом роль диэлектрика играет сам переход, в котором свободных носителей зарядов мало, а роль обкладок — прилежащие слои полупроводника с электрическими зарядами разного знака — электронами и дырками. Изменяя напряжение, приложенное к *p-n* переходу, можно изменять его толщину, а следовательно, и емкость такого прибора. Это явление использовано в специальных полупроводниковых диодах — варикапах.

Варикапы, широко используемые для настройки колебательных контуров, в устройствах автоматической подстройки частоты, а также в качестве частотных модуляторов в различных генераторах, обозначают, как показано на рис. 130, **а**.

К числу полупроводниковых приборов с одним *p-n* переходом относятся диоды с двойной базой. У таких диодов от пластинки исходного материала (базы) сделаны два вывода, расположенные по обе стороны от *p-n* перехода. На вольтамперной характеристике диода с двойной базой имеется участок отрицательного сопротивления. Благодаря этому свойству диоды с двойной базой, или, как их еще называют, однопереходные транзисторы, можно использовать в релаксационных генераторах (например, на одном таком

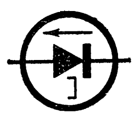


Рис. 128.

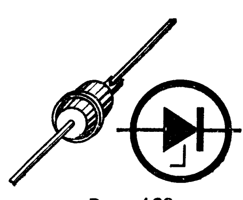


Рис. 129.

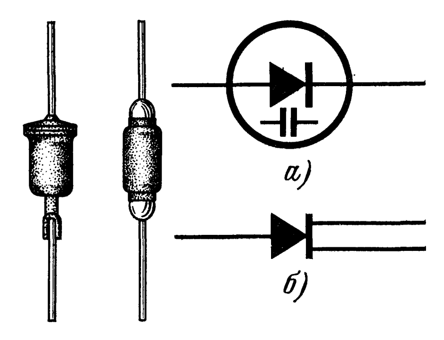


Рис. 130.

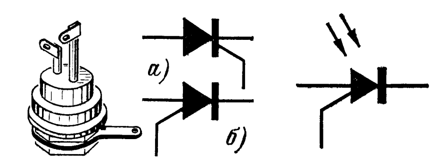


Рис. 131. Рис. 132.

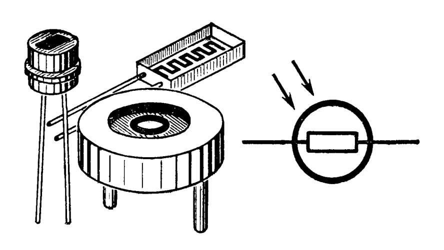


Рис. 133.

приборе можно собрать мультивибратор), в различных спусковых устройствах и т. д.

Выводы базы в условном обозначении этого прибора показывают либо в одну (рис. 130, **б**), либо в обе стороны.

Тиристоры. На основе символа диода построено и условное графическое обозначение тиристора. Это диод, представляющий собой чередующиеся слои кремния с проводимостью типов *p* и *n*. Таких слоев в тиристоре четыре, т. е. он имеет три *p-n* перехода. Его сокращенная формула *p-n-p-n*. Управляемые тиристоры имеют три вывода: два — от крайних слоев и один — от одного из средних (например, от слоя *p*).

Тиристоры нашли широкое применение в различных регуляторах напряжения, в релаксационных генераторах, спусковых устройствах и т. д.

Условное обозначение тиристора получают добавлением к двум выводам на символе диода третьего, причем, если вывод сделан от слоя *p*, это показывают наклонной линией, присоединенной к утолщенной черточке в символе диода (рис. 131, **а**), если же он сделан от слоя *n* — наклонной линией, присоединенной к треугольнику (рис. 131, **б**).

Фототиристор, т. е. тиристор, управляемый светом, отличается от обычного тиристора тем, что в его корпусе имеется стеклянное окно, через которое свет попадает на пластину кристаллического полупроводника. Наличие управляющего электрода позволяет простыми способами улучшить температурную стабильность фоторезистора.

Обозначение фототиристора состоит из символа триодного тиристора, к которому добавлен знак фотоэлектрического эффекта — две наклонные стрелки, направленные остриями к обозначению тиристора (рис. 132).

Фоторезисторы. Светочувствительный элемент фоторезистора представляет собой пластинку, спрессованную из полупроводникового материала, или тонкую полупроводниковую пленку, нанесенную на изоляционное основание. Светочувствительный элемент помещен в корпус с окошком. При освещении элемента в нем возбуждаются свободные носители зарядов (электроны и дырки), в результате чего сопротивление фоторезистора изменяется.

Обозначение фоторезистора приведено на рис. 133.

Фотодиоды. Основной частью фотодиода является переход, работающий при обратном смещении. В его корпусе также имеется окошко, через которое освещается кри-

сталл полупроводника. В отсутствие света ток через *p-n* переход очень мал — не превышает обратного тока обычного диода. Если же переход осветить, его обратное сопротивление резко падает, ток через переход растет. Желая показать на схеме фотодиод, обозначение диода вписывают в символ баллона и помещают рядом знак фотоэлектрического эффекта (рис. 134).

Светодиоды. Полупроводниковые диоды, излучающие свет при прохождении тока через *p-n* переход, называются светодиодами. В условном обозначении светодиода стрелки знака фотоэлектрического эффекта направлены от основного символа (рис. 135). Это означает, что светодиод является источником света.

Транзисторы. Условные графические обозначения транзисторов, полупроводниковых тетродов и ряда других полупроводниковых приборов построены способом, схожим с тем, который использован при построении символов электровакуумных приборов. В качестве базовых символов использованы обозначения баллона, электродов и др.

В пластинке полупроводника биполярного транзистора, как известно, имеются три области, обладающие чередующимися типами электропроводности: эмиттер, база, коллектор. О типе электропроводности базы можно получить представление по символу эмиттера, который обозначают в виде линии со стрелкой, подходящей к символу базы под углом 60°. Если стрелка на линии эмиттера направлена к базе (рис. 136, **а**), это означает, что эмиттер имеет электропроводность типа *p*, а база — электропроводность типа *n*. Если же эмиттер обладает электропроводностью типа *n*, стрелку направляют от базы (рис. 136, **б**), которая в этом случае имеет электропроводность типа *p*. В полупроводниковом приборе с несколькими эмиттерами символы последних иногда изображают по обе стороны от базы (рис. 136, **в**).

Символ коллектора — также наклонная линия, проведенная к символу базы, но без стрелки.

Тип электропроводности коллектора не указывают, так как его легко установить: коллектор всегда имеет электропроводность другого типа по сравнению с базой, а электропроводность последней определяется эмиттером. Другими словами, коллектор всегда имеет электропроводность того же типа, что и эмиттер, а база — электропроводность другого типа. Общие виды и графические обозначения транзисторов различной структуры показаны на рис. 137.

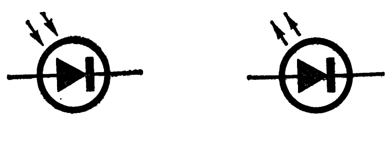


Рис. 134. Рис. 135.

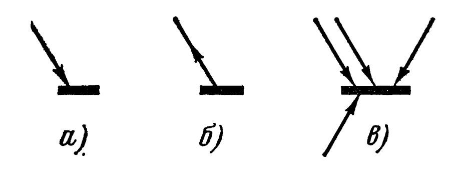


Рис. 136.

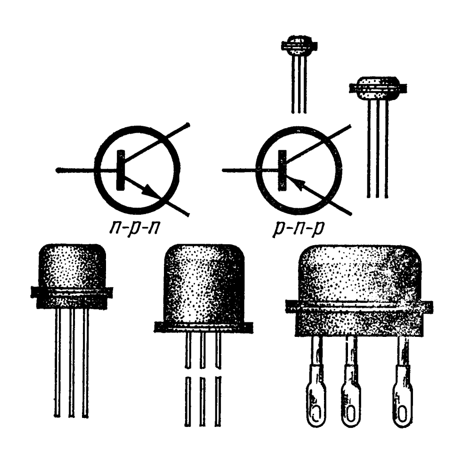


Рис. 137.

Обозначения полупроводниковых приборов с числом *p-n* переходов более двух содержат короткую наклонную черточку на символе базы (рис. 138, **а**), которая обозначает *p-n* переход между областями базы с различной электропроводностью (например, от области *p* к области *n* или от области *n* к области *p*). Используя этот знак, можно более наглядно показать структуру тиристора. Поскольку его крайние *p-n* переходы часто называют эмиттерами, это можно показать в условном обозначении соответствующими символами, причем в зависимости от структуры прибора (*p-n-p-n* или *n-p-n-p*) стрелку в обозначении одного из них направить к базе, а другого — от нее. Если первый эмиттер имеет электропроводность типа *p* (структура *p-n-p-n*), то прилегающая к нему область базы имеет электропроводность типа *n*; после знака перехода (наклонный штрих) следует область базы с электропроводностью типа *p*. Следовательно, прилегающий к этой области второй эмиттер должен иметь электропроводность типа *n*. Управляющий электрод показывают линией, присоединенной к символу базы (рис. 138, **б, в**). Таким же образом можно построить обозначение диодного тиристора — динистора. Для примера на рис. 138, **г** показано условное обозначение динистора структуры *p-n-p-n*.

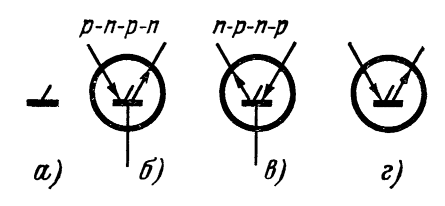


Рис. 138.

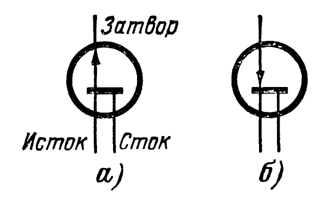


Рис. 139.

Полевые транзисторы, обладая всеми достоинствами обычных транзисторов (малые габариты, экономичность, высокие надежность и долговечность), имеют большое входное сопротивление и малые собственные низкочастотные шумы.

Принцип действия полевого транзистора основан на изменении проводимости полупроводника под действием изменяющегося электростатического поля, в результате чего изменяется и ток через прибор. В одном из исполнений полевой транзистор (так называемый транзистор с *p-n* переходом) представляет собой небольшую пластинку кремния с электропроводностью типа *n*, в объеме которой методом диффузии образован канал с электропроводностью типа *p*. На концах канала тем же методом созданы области также с электропроводностью типа *p*, от которых сделаны выводы. Эти области являются электродами полевого транзистора — истоком и стоком. Третий вывод сделан от кристалла, являющегося третьим электродом — затвором. Исток, сток и затвор соответствуют катоду, аноду и управляющей сетке электровакуумного триода.

Условное обозначение полевого транзистора с *p-n* переходом отличается от символа обычного (биполярного) транзистора. Канал изображают утолщенной линией (рис. 139). Два вывода от нее обозначают исток и сток. Затвор, обладающий электропроводностью другого типа, изображается в виде линии со стрелкой, продолжающей линию вывода истока. В рассмотренном полевом транзисторе область затвора имеет электропроводность типа *n*, поэтому стрелка направлена от базы (рис. 139, **а**). Если же затвор имеет электропроводность типа *p*, то стрелка на его обозначении направлена к базе (рис. 139, **б**).

Установленные ГОСТ 2.730—68 условные графические обозначения полупроводниковых приборов, не получивших еще широкого применения, здесь не рассматриваются.

Акустические приборы

Условные графические обозначения акустических приборов, т. е. приборов, предназначенных для преобразования электрической энергии в звуковую или наоборот, построены на основе общих символов, присвоенных каждому типу прибора, с добавлением в необходимых случаях знаков, характеризующих принцип их действия и назначение.

Телефоны и громкоговорители. Общие символы телефона (рис. 140) и громкоговорителя (рис. 141) напоминают своими очертаниями внешний вид (проекцию сбоку) этих приборов. В таком виде обозначения используют наиболее часто. Но, как известно, в телефонах и громкоговорителях используются различные методы преобразования электрических колебаний в звуковые: электромагнитный, электродинамический, пьезоэлектрический, электростатический и др.

Основу электромагнитных акустических приборов составляет постоянный магнит, на полюсных наконечниках которого размещены одна или две неподвижные катушки. При прохождении через них переменного тока звуковой частоты образуется дополнительное магнитное поле, которое в зависимости от направления тока усиливает или ослабляет поле постоянного магнита. Результирующее магнитное поле воздействует на тонкую стальную пластину (мембрану в телефоне или якорь в громкоговорителе), в результате чего она колеблется с частотой тока через катушки. Источником звуковых колебаний в телефоне служит сама пластинка (мембрана), в громкоговорителе — диффузор, жестко связанный с якорем.

Для указания электромагнитного принципа действия внутрь контура громкоговорителя и телефона вписывают знак электромагнита — упрощенный символ катушки с ферромагнитным сердечником (рис. 142 и 143).

В электродинамическом приборе также имеются постоянный магнит и катушка, но здесь она сделана подвижной (по отношению к магниту) и жестко соединена с диффузором.

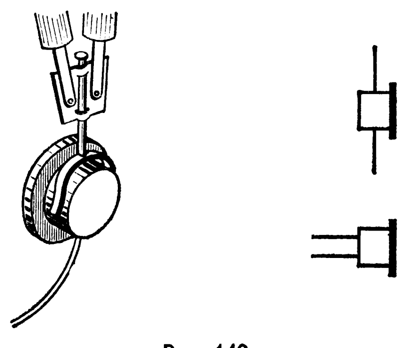


Рис. 140.

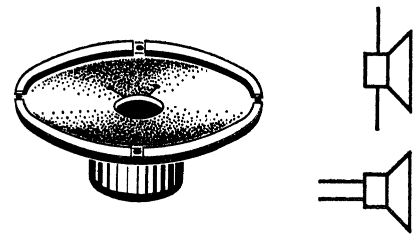


Рис. 141.

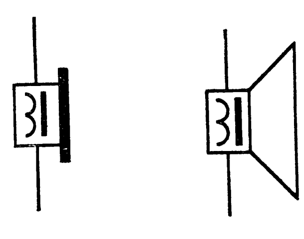


Рис. 142. Рис. 143.

Колебания диффузора вызываются электродинамической силой, возникающей при прохождении через катушку переменного тока звуковой частоты. Электродинамический принцип преобразования сигнала указывают символом катушки без сердечника (рис. 144).

Главной частью пьезоэлектрических телефонов и громкоговорителей является пьезоэлемент — пластинка

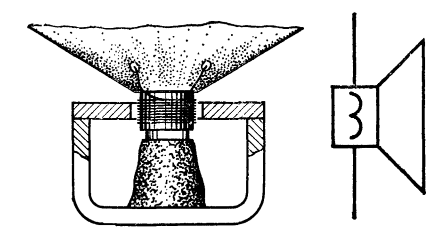


Рис. 144.

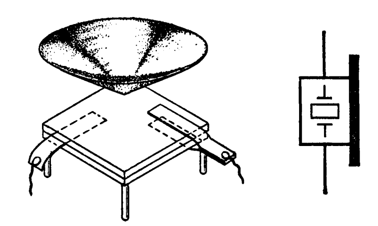


Рис. 145.

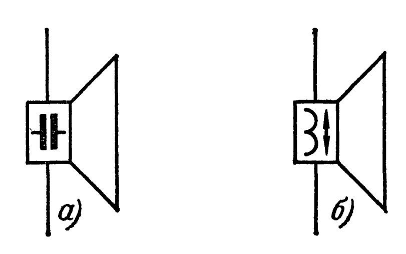


Рис. 146.

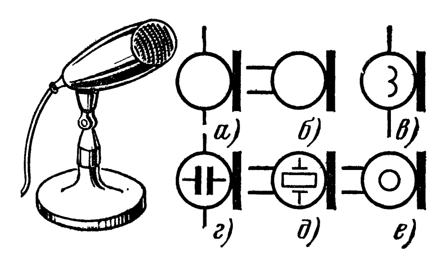


Рис. 147.

из специального вещества, обладающего пьезоэлектрическими свойствами. Обычно пьезоэлемент состоит из двух склеенных вместе пластинок, между которыми помещен тонкий металлический электрод. На наружные поверхности пластинок также наклеены электроды, концы которых соединены вместе. Один из концов пьезоэлемента жестко закреплен на корпусе акустического прибора, другой связан с излучателем (мембраной или диффузором). При подаче на электроды переменного напряжения звуковой частоты свободный конец пьезоэлемента и соединенный с ним излучатель колеблются с частотой напряжения, в результате чего мы слышим звук. Пьезоэлектрический способ преобразования сигнала обозначают узким прямоугольником, символизирующим пластинку, с двумя черточками, обозначающими обкладки (рис. 145).

В акустических приборах, использующих электростатический принцип преобразования, преобразователь выполнен в виде конденсатора, состоящего из неподвижной и подвижной пластин, помещенных на небольшом расстоянии друг от друга. Неподвижная пластина представляет собой достаточно массивный электрод, подвижная — тонкую мембрану. Для создания постоянной силы электростатического притяжения к обкладкам этого своеобразного конденсатора прикладывается постоянное напряжение. Переменное напряжение звуковой частоты подается на резистор, включенный в цепь источника постоянного напряжения. Изменяющееся на обкладках напряжение вызывает изменение силы электростатического притяжения, в результате чего мембрана колеблется с частотой переменного напряжения. Для обозначения электроакустического прибора, в котором используется электростатический метод преобразования сигнала, используется символ конденсатора постоянной емкости (рис. 146, **а**).

Акустические приборы, действие которых основано на использовании магнитострикции — свойства некоторых ферромагнитных материалов сокращаться или расширяться при намагничивании (либо изменять свою магнитную индукцию при механиче-

ских деформациях), обозначают знаком, состоящим из символа катушки и двунаправленной стрелки (рис. 146, **б**).

Микрофоны. Упомянутые знаки используют и для обозначения принципа действия микрофонов. Условное графическое обозначение микрофона сохранилось с тех пор, когда существовали только угольные микрофоны, в которых преобразование звуковых колебаний в электрические происходило в результате изменяющегося контакта между угольной мембраной и угольным шариком. Упрощенный профильный рисунок этих двух частей микрофона и составил его условное обозначение на схемах. Со временем длина утолщенной черточки, символизирующей мембрану, уменьшилась, несколько иначе стали изображать выводы, а сам символ превратился в общее обозначение микрофона (рис. 147, **а, б**). Для обозначения угольного микрофона ГОСТ 2.741—68 устанавливает специальный знак — окружность, помещаемую внутри основного символа (рис. 147, **е**). Электродинамический, конденсаторный и пьезоэлектрический микрофоны изображают на схемах, как показано на рис. 147, **в—д**.

Угольные микрофоны имеют плохие качественные показатели (узкий рабочий диапазон частот, неравномерность частотной характеристики и т. д.), поэтому в звукозаписи и радиовещании применяют электродинамические и электростатические (конденсаторные) микрофоны.

Для передачи речи в шумных условиях (самолетах, танках и т. п.) применяют специальные микрофоны — ларингофоны и остеофоны. Ларингофоны представляют собой разновидность угольного микрофона. Обычно их монтируют попарно в специальных шлемах (шлемофонах) и прикладывают к шее около гортани. Остеофоны используют явление костной проводимости звука, которая хорошо выражена у костей черепа.

Ларингофоны и остеофоны обозначают на схемах основным символом микрофона, зачерняя в нем узкий сегмент со стороны утолщенной линии (рис. 148).

Акустический прибор, используемый в качестве микрофона и громкоговорителя, обозначают символом громкоговорителя с двунаправленной стрелкой на оси симметрии, означающей работу на передачу и прием (рис. 149).

Акустические головки. Для обозначения акустических головок, используемых в устройствах звукозаписи и звуковоспроизведения (звукосниматели, рекордеры, головки для магнитной и оптической записи и воспроизведения), раньше пользовались разными символами. Так, звукосниматели и рекордеры обозначали в виде утолщенной окружности, перечеркнутой в нижней части коротким штрихом, символизирующим иглу, и тонкой стрелкой, направленной в зависимости от назначения прибора внутрь символа (звукосниматель) или от него (рекордер). Магнитную головку обозначали незамкнутым кольцом, в разрыве которого помещали знак, характеризующий назначение прибора.

ГОСТ 2.741—68 устанавливает в качестве общего обозначения

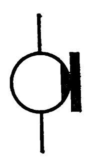


Рис. 148.

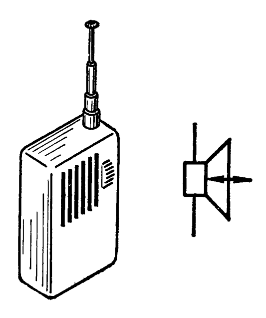


Рис. 149.

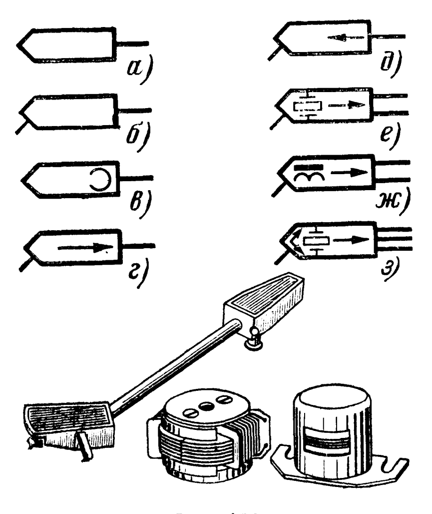


Рис. 150.

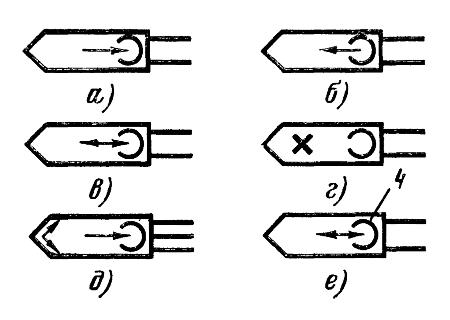


Рис. 151.

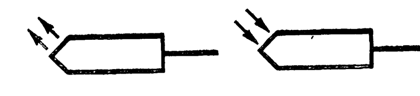


Рис. 152.

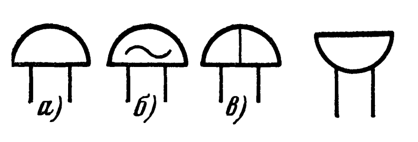


Рис. 153. Рис. 154.

акустических головок символ в виде «утюжка» (рис. 150, **а**). Добавление к нему штриха («иглы») в левой нижней части превращает его в символ механической головки (рис. 150, **б**), а знак в виде перевернутой буквы С — в символ магнитной головки (рис. 150, **в**). Назначение акустической головки (воспроизведение или запись) указывает стрелка (рис. 150, **г**, **д**), направленная в сторону вывода (воспроизведение) или от него (запись). Таким образом, обозначение головки для воспроизведения записи с граммофонных пластинок (звукоснимателя) получается из символа механической головки и стрелки, направленной от «иглы», а обозначение головки, преобразующей электрические колебания в механические колебания резца, вырезающего звуковую канавку на диске (рекордера), — из того же символа, но со стрелкой, направленной в сторону «иглы».

Принцип преобразования энергии в головках указывают теми же знаками, что и в условных обозначениях телефонов, громкоговорителей и микрофонов. В современной звуковоспроизводящей аппаратуре применяют в основном пьезоэлектрические и электромагнитные звукосниматели. Соответствующие им символы пьезоэлемента и электромагнита вписывают в левую часть основного символа, как показано на рис. 150, **е**, **ж**.

Акустические головки разделяют на монофонические и стереофонические. Принадлежность к первому типу в условных обозначениях не указывают, для обозначения же стереофонических головок используют знак в виде двух коротких взаимно перпендикулярных стрелок, помещая его также в левой части основного символа (рис. 150, **з**).

Универсальную магнитную головку изображают основным символом с двунаправленной стрелкой внутри (запись и воспроизведение); стирающую — тем же символом, но со знаком стирания магнитной записи — крестиком (рис. 151). При необходимости в обозначение магнитных головок вводят знак стереофонического прибора и цифры, означающие количество дорожек на магнитной ленте.

Оптические головки. ГОСТ 2.741—68 устанавливает также условные графические обозначения оптических головок для записи и воспроизведения звука (рис. 152). В условном обозначении этих головок имеется знакомый нам знак фотоэлектрического эффекта — две наклонные стрелки. Они направлены к символу головки, если она служит приемником, т. е. поглощает световую энергию, и от него, если головка излучает ее.

Электрический звонок изображают в виде упрощенного рисунка его звучащей части — колокольчика (рис. 153, **а**). Если требуется указать род тока, необходимого для работы звонка, внутри символа помещают условное обозначение постоянного (горизонтальная черта) или переменного (синусоида) тока (рис. 153, **б**). Звонок, реагирующий на включение тока одним ударом молоточка (гонг), обозначают общим символом с вертикальной чертой, делящей его пополам (рис. 153, **в**).

Зуммеры. В полевых телефонах, а также для обучения приему на слух телеграфных сигналов применяют зуммеры, устройство которых примерно такое же, как и звонка. Условное обозначение зуммера — такой же полукруг, но с выводами, подведенными к его круглой части (рис. 154).

Антенны

Антенны радиопередатчиков служат для преобразования высокочастотных электрических колебаний в энергию электромагнитного поля (радиоволн), в приемниках — для преобразования энергии радиоволн в токи высокой частоты.

Любая антенна может использоваться как для передачи, так и для приема, причем ее характеристики (диапазон рабочих частот, направленные свойства и др.) сохраняются. Этим в значительной мере объясняется тот факт, что назначение антенны (приемная или передающая) ее условное графическое обозначение обычно не отражает. Само расположение символа антенны на схеме одозначно определяет ее функцию (напомним, что развитие схемы, как правило, происходит слева направо).

Общее обозначение антенны (см. рис. 2 и 19, **ж**) применяют для обозначения несимметричных антенн, т. е. антенн, соединяемых с приемником или передатчиком одним проводом (вторым проводом служит земля). Такие антенны используют в диапазонах длинных, средних и коротких волн. В ультракоротковолновом диапазоне, а также и в коротковолновом применяют симметричные антенны, т. е. антенны с двухпроводным выходом. Условное обозначение симметричной антенны отличается от общего обозначения наличием двух вертикальных линий (рис. 155).

Рассмотренные обозначения антенн построены функциональным методом. Другими словами, при построении их за основу принят общий символ антенны, а характеристики антенн выражены вспомогательными знаками, нанесенными на него. В радиотехнике эти обозначения применяют в основном в структурных и функциональных схемах, т. е. на первых этапах разработки прибора, когда характеристики антенны известны, а конкретный тип ее еще не выбран.

В принципиальных схемах используют также обозначения, напоминающие предельно упрощенные рисунки конкретных разновидностей антенн. Так, простейшую антенну — несимметричный вибратор (вертикальный провод, штырь) изображают отрезком утолщенной линии (рис. 156). Такие антенны применяют

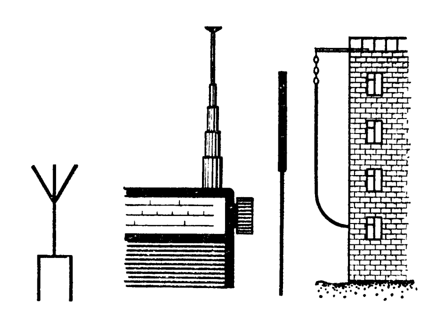


Рис. 155. Рис. 156.

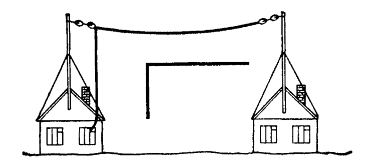


Рис. 157.

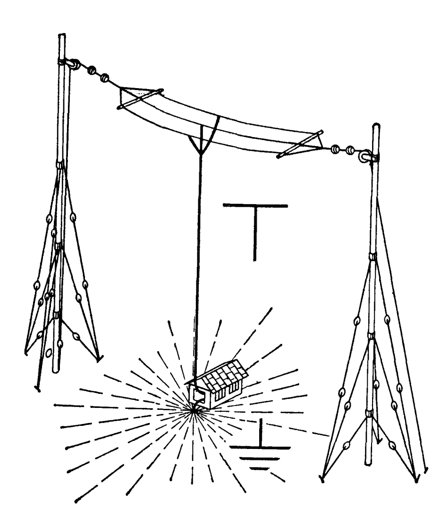


Рис. 158.

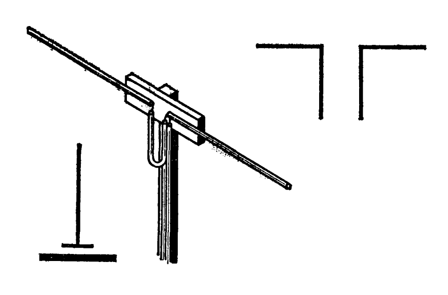


Рис. 159. Рис. 160.

в диапазонах длинных, средних и коротких волн. Для хорошей работы такой антенны ее длина должна быть равна примерно четверти длины волны, на которой ведется радиоприем или радиопередача. В диапазоне коротких волн, длины которых исчисляются десятками метров, это требование выполнить легко, а вот на средних и тем более на длинных волнах гораздо сложнее, так как четверть длины волн составляет сотни метров. Чтобы не строить дорогостоящие высотные сооружения, к верхнему концу вертикального провода (вибратора) присоединяют один или несколько горизонтальных проводов, действие которых заключается в кажущемся удлинении вибратора. На схемах Г-образную и Т-образную антенны обозначают символами, наглядно передающими их характерные особенности (рис. 157 и 158).

Передатчики, работающие на несимметричные антенны, должны иметь надежное соединение с землей, так как иначе потери в ней будут очень велики, а коэффициент полезного действия антенны — низким. Заземление часто выполняют в виде нескольких радиально расходящихся от основания антенны металлических полос или проводов, зарытых в землю на небольшую глубину. Заземление используют и для повышения эффективности приемных антенн, но в этом случае металлические предметы (листы, трубы и т. п.) зарывают на глубину почвенных вод.

На схемах заземление обозначают тремя параллельными линиями разной длины (рис. 158).

Когда заземление сделать затруднительно (например, каменистая почва, передвижная радиостанция), вместо него используют противовес, представляющий собой большое число проводов, натянутых над землей на небольшой высоте. Противовес обозначают на схемах двумя параллельными линиями разной длины и толщины, причем более длинная и толстая линия символизирует землю (рис. 159).

У рассмотренных несимметричных вибраторов излучателем (приемником) радиоволн служит вертикальная часть. В диапазонах же коротких и ультракоротких волн в силу особенностей их распространения приме-

няют антенны, у которых рабочими являются горизонтальные части. Простейшей антенной в этих диапазонах является симметричный вибратор, представляющий собой два изолированных горизонтальных проводника одинаковой длины, между которыми подключена двухпроводная линия, соединяющая антенну с приемником или передатчиком. Эту линию связи называют фидером (от английского feeder — питатель). Общая длина вибратора обычно равна примерно половине длины рабочей волны.

Симметричный вибратор (рис. 160) обладает явно выраженными направленными свойствами. Лучше всего он принимает или излучает в плоскости, перпендикулярной его оси, хуже всего — в плоскостях, проходящих через нее. Поэтому такую антенну (например, для приема телевидения) располагают так, чтобы ее горизонтальные части (плечи) были перпендикулярны направлению на телецентр.

На практике часто требуется, чтобы антенна могла излучать или принимать радиоволны в достаточно широкой полосе частот. Достигают этого использованием в качестве плеч вибратора нескольких параллельных проводников, соединенных концами. Антенны такой конструкции, известные под названием диполя Надененко, нашли широкое применение в коротковолновой связи. С той же целью (расширение диапазона) телевизионные антенны часто изготавливают из отрезков толстых трубок или применяют сложные вибраторы, например петлевые.

Петлевой вибратор представляет собой два полуволновых вибратора, соединенных концами. Эти особенности конструкции петлевого вибратора нашли отражение и в его условном графическом обозначении (рис. 161).

Важным условием хорошей работы антенны является согласование ее входного сопротивления с волновым сопротивлением фидера. Только в этом случае антенна может излучать или принимать наибольшую мощность. Для согласования антенн с фидером используют специальные устройства в виде отрезков двухпроводных линий либо применяют шунтовое питание вибраторов.

Симметричный вибратор шунтового питания представляет собой сплошной проводник длиной, также равной половине длины волны. Фидер подключают к нему в двух точках, расположенных симметрично относительно его середины. Изменяя места подключения фидера к вибратору, можно добиться равенства входного сопротивления антенны волновому сопротивлению фидера, т. е. согласования. Точно так же согласовывают с фидером и петлевые вибраторы шунтового питания. Условное обозначение полуволнового вибратора с шунтовым питанием представлено на рис. 162.

Для связи на коротких волнах антенны должны быть однонаправленными, т. е. излучать и принимать радиоволны только с одного направления. Типичным представителем таких антенн является **ромбическая антенна,** представляющая собой ромб, выполненный из провода, стороны которого примерно вчетверо больше длины волны. К одному из острых углов такой антенны подключают двухпроводный фидер, а к другому поглощающую нагрузку, сопротивление которой равно волновым сопротивлениям антенны и фидера.

В условном обозначении ромбической антенны символ резистора

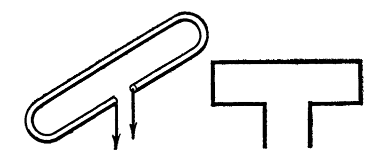


Рис. 161.

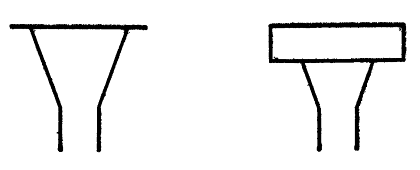


Рис. 162.

(поглощающей нагрузки) уменьшен по сравнению с обычным примерно вдвое. Это позволяет сделать обозначение антенны более компактным (рис. 163).

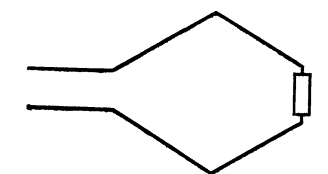


Рис. 163.

Для приема в диапазоне УКВ применяют антенны **«волновой канал»**. Такая антенна представляет собой несколько параллельных полуволновых вибраторов, расположенных в горизонтальной плоскости. Основным (активным) вибратором является один из вибраторов, остальные вибраторы с фидером не соединяются и называются пассивными. Вибратор, расположенный за активным, называют рефлектором, вибраторы, расположенные перед активным, — директорами. Длина рефлектора антенны «волновой канал» несколько больше, а длины директоров несколько меньше длины активного вибратора. На схемах это показывают различной длиной соответствующих символов в условном обозначении антенны (рис. 164).

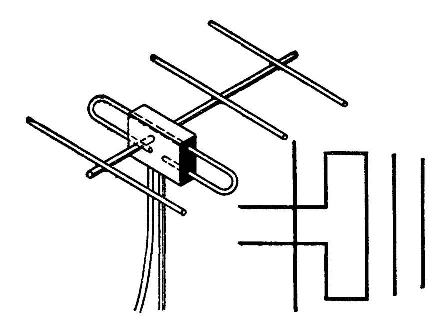


Рис. 164.

Для передачи электромагнитной энергии в диапазонах сантиметровых и миллиметровых волн используют в о л н о в о д ы — трубы, обычно прямоугольного сечения. Открытый конец волновода излучает электромагнитные волны. Для усиления излучения к открытому концу волновода пристраивают пирамидальную воронку; получается р у п о р н а я а н т е н н а (рис. 165, **а**). Ее условное графическое обозначение (рис. 165, **б**) упрощенно воспроизводит ее внешний вид. Прямоугольник на линии электрической связи символизирует волновод прямоугольного сечения.

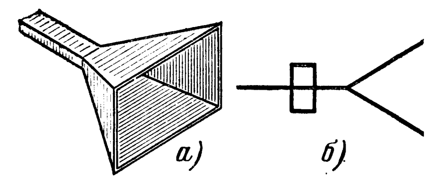


Рис. 165.

Для улучшения направленных свойств в этих диапазонах волн используют металлические рефлекторы, в частности параболические. В фокусе рефлектора устанавливают излучатель электромагнитных волн (например, симметричный вибратор, или рупорную антенну — см. рис. 166), собирающий электромагнитную энергию в узкий параллельный пучок. Для примера на рис. 166, **б** показано условное обозначение антенны с параболическим рефлектором и излучателем в виде рупорной антенны.

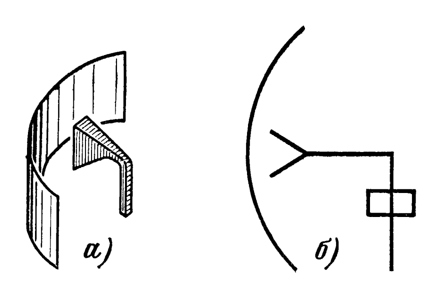


Рис. 166.

Направленное излучение электромагнитных волн может быть получено также с помощью д и э л е к т р и ч е-

ской антенны, представляющей собой сплошной круглый стержень из высокочастотного диэлектрика (полистирол, полиэтилен и т. п.), на основание которого надет металлический стакан. Дно последнего играет роль рефлектора. На расстоянии в четверть длины волны от него в теле антенны закреплен возбуждающий штырь. Благодаря особой форме стержня электромагнитные волны выходят из него под одинаковыми углами к продольной оси, в результате чего и создается однонаправленное излучение. Символ такой антенны — конус, заштрихованный крестнакрест (так в машиностроительном черчении штрихуют пластмассовые тела в разрезе),— показан на рис. 167.

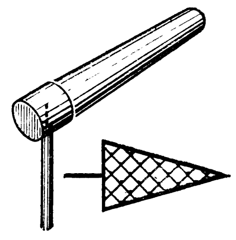


Рис. 167.

Широкое применение в радиоприемной технике нашли антенны, реагирующие на магнитную составляющую радиоволн. Такие антенны называют магнитными. Простейшей магнитной антенной, как известно, является рамка, состоящая из одного или нескольких витков провода (рис. 168, **а**). Ее изображают на схемах в виде незамкнутого квадрата, с линиями выводов от двух соседних сторон (рис. 168, **б**).

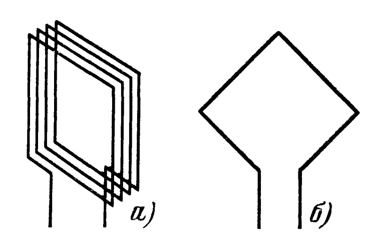


Рис. 168.

Магнитная антенна с ферритовым сердечником представляет собой катушку, намотанную на изоляционном каркасе, который надет на ферритовый стержень круглого или прямоугольного сечения (рис. 169, **а**). Сердечник концентрирует магнитный поток внутри катушки, поэтому электродвижущая сила, наведенная в ней, значительно больше той, которая наводилась бы при отсутствии сердечника.

Новое обозначение магнитной антенны с ферритовым сердечником отличается от прежнего тем, что в нем символы сердечника и обмотки расположены горизонтально, и, кроме того, добавлением общего символа антенны (рис. 169, **б**). Правда, последний допускается не указывать, если это не вызовет недоразумений при чтении схемы. Если одна или несколько обмоток антенны должны подстраиваться в процессе регулировки, то это показывают знаками подстроечного регулирования на их символах (рис. 169, **в**).

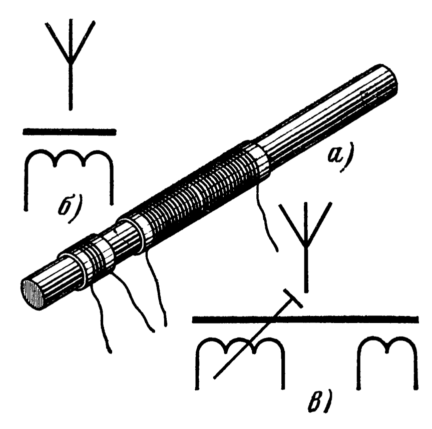


Рис. 169.

Разные элементы радиоэлектронных устройств

Химические источники тока. Любому радиоприбору, имеющему в своем составе активные элементы (электронные лампы, транзисторы), для работы требуется источник постоянного тока. В приборах с питанием от электросети таким источником служит выпрямитель, в портативной аппаратуре (особенно транзисторной) — химические источники тока — гальванические или аккумуляторные элементы и батареи. Условное обозначение элемента состоит из двух параллельных линий различных длины и толщины, причем короткая и толстая линия обозначает его отрицательный, а длинная и тонкая — положительный полюс (рис. 170). Такая символика легко запоминается, поэтому знаки полярности элемента («+» и «—») на схемах часто не указывают. Поскольку для питания приборов обычно требуется напряжение больше того, что может обеспечить один элемент, несколько таких элементов соединяют в батарею. Чтобы не изображать все элементы, составляющие батарею, на схемах показывают только крайние из них, а наличие остальных указывают тонкой штриховой линией (см. рис. 25, **а**). В последнее время батареи стали обозначать еще более простым символом — символом одного элемента (см. рис. 25, **б**), указывая над ним напряжение батареи. Когда по условиям работы прибора требуются различные напряжения, от соответствующей части элементов батареи делают отводы. На схемах отводы показывают от линий, символизирующих положительные полюсы элементов (естественно, что в подобном случае приходится изображать более двух элементов), а в местах перехода к линиям электрической связи ставят точки, обозначающие электрическое соединение (рис. 171).



Рис. 170.

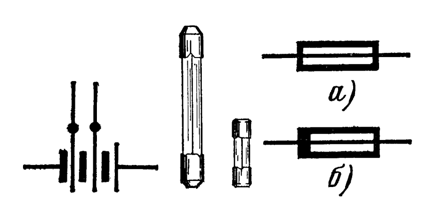


Рис. 171. Рис. 172.

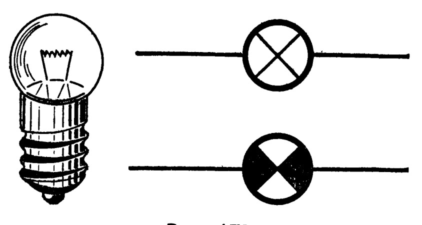


Рис. 173.

Плавкие предохранители. Для защиты от перегрузок или коротких замыканий, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации, применяют устройства, отключающие прибор от сети в аварийных ситуациях. Наиболее простым и наиболее часто применяемым для этой цели устройством является плавкий предохранитель.

Условное графическое обозначение предохранителя очень наглядно, так как хорошо передает идею его конструкции (рис. 172, **а**). Возле символа на схеме, кроме позиционного обозначения *Пр*, указывают номинальный ток, на который рассчитан предохранитель. Если необходимо показать, какой вывод предохранителя остается под напряжением после его сгорания, соответствующую сторону символа отмечают жирной чертой (рис. 172, **б**).

Лампочки накаливания на схемах изображают в виде кружка, разделенного диаметральными линиями на

четыре сектора, два из которых часто зачерняют (рис. 173).

Стрелочные измерительные приборы. Приборы магнитоэлектрической, реже электродинамической системы широко применяют для контроля в различной радиоизмерительной и электроизмерительной аппаратуре различных электрических величин. Условное обозначение стрелочного измерительного прибора представляет собой кружок несколько большего диаметра, чем символ лампочки, внутри которого расположено буквенное обозначение единицы измерения или измеряемой величины. ГОСТ 2.729—68 устанавливает следующие обозначения: A — амперметр, mA — миллиамперметр, μA — микроамперметр, V — вольтметр, mV — милливольтметр, Ω — омметр, $M\Omega$ — мегометр, Hz — частотомер, φ — фазометр и т. д. (рис. 174).

Внутри символа иногда дополнительно помещают стрелку. Если она наклонена вправо (влево), значит, указатель отклоняется вправо (влево). Вертикальная стрелка указывает на то, что нулевая отметка прибора расположена в середине шкалы.

Один и тот же измерительный прибор часто используют для измерения электрических величин, отличающихся в сотни и тысячи раз. При измерениях напряжений последовательно с ним включают добавочные резисторы, при измерениях тока резисторы подключают параллельно прибору. В последнем случае резисторы называют шунтами.

Действующий ГОСТ устанавливает для шунтов символ, показанный на рис. 175. Если прибор имеет несколько переключаемых шунтов, их обычно обозначают так же, как постоянные резисторы.

Токи высокой частоты в колебательных контурах, антенных и других цепях радиопередатчиков измеряют с помощью термопреобразователей, состоящих из термопары и подогревателя. Термопара — это спай двух проводников из различных металлов или сплавов (например, железа и константана). При нагревании спая на выводах создается постоянная э. д. с., величина которой зависит от температуры; э. д. с. измеряют чувствительным прибором магнитоэлектрической системы.

Термопару обозначают двумя линиями разной толщины, сходящимися под углом 60°, причем утолщенная линия обозначает отрицательный полюс (рис. 176). В качестве подогревателя используют отрезок чугунной, нихромовой или золото-палладиевой проволоки, включаемый в контролируемую высокочастотную цепь. По способу нагрева термопреобразователи делятся на контактные, у которых спай термопары приварен к подогревателю, и бесконтактные, когда термопара и подогреватель не имеют непосредственного контакта между собой. Это нашло отражение в условных обозначениях термопреобразователей. У первых символ термопары соприкасается с символом подогревателя (как и в электровакуумных приборах, он обозначается дужкой), у вторых — нет.

Пьезоэлектрические резонаторы и фильтры. В аппаратуре, предназначенной для высокоточного измерения частоты электрических колебаний, а также в устройствах связи широко применяют пьезоэлектрические резонаторы. Пьезоэлектрические резонаторы — это пластинки, вырезанные определенным образом из кристаллов кварца, турмалина и некоторых других материалов, обладающих пьезоэлектрическим эффектом. Если такую пластинку поместить между

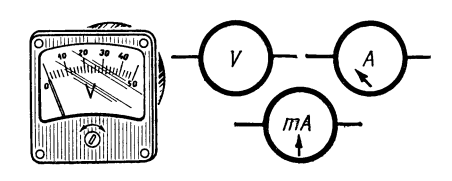


Рис. 174.

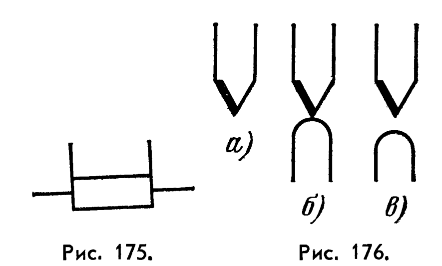


Рис. 175. Рис. 176.

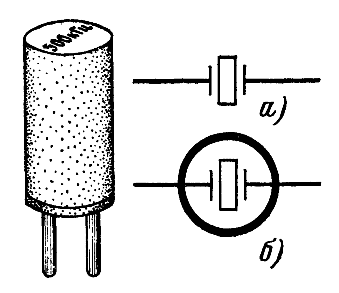


Рис. 177.

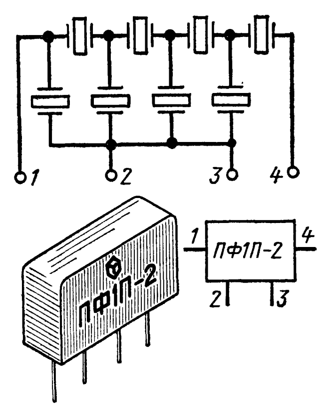


Рис. 178.

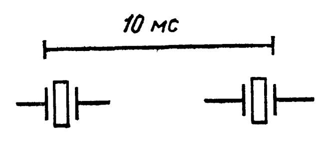


Рис. 179.

обкладками конденсатора и подать на них переменное напряжение, то пластинка будет колебаться с частотой напряжения. При равенстве частот переменного напряжения и собственных механических колебаний наступает резонанс и амплитуда последних резко возрастает. Вследствие этого увеличивается и амплитуда переменного напряжения (прямой эффект) на обкладках. Другими словами, пластинка ведет себя как колебательный контур, настроенный на определенную частоту, но в отличие от него обладает очень высокой стабильностью. Благодаря этому качеству пьезоэлектрические резонаторы широко используют для стабилизации частоты всевозможных генераторов, а также в полосовых фильтрах.

В графическом символе резонатора нашли отражение его основные элементы: две короткие черточки обозначают обкладки, а узкий прямоугольник между ними — пластинку (рис. 177, **а**). Для защиты от влияний окружающей среды пьезоэлектрические резонаторы помещают в вакуум. На схемах это показывают символом баллона электровакуумного прибора (рис. 177, **б**).

Несколько пьезоэлектрических резонаторов, соединенных определенным образом, образуют фильтр, пропускающий узкую полосу частот. С разработкой пьезокерамики полосовые фильтры из пьезоэлектрических резонаторов стали широко применять и в обычных радиовещательных приемниках. Для простоты эти фильтры изображают на схемах в виде прямоугольника с четырьмя выводами (рис. 178).

Пьезоэлектрические резонаторы применяют также в устройствах, предназначенных для задержки электрических сигналов на определенный заданный промежуток времени — в ультразвуковых линиях задержки. В этих устройствах имеются два резонатора (их называют преобразователями), разделенные средой, в которой ультразвуковые колебания распространяются с относительно небольшой скоростью. Один из преобразователей служит для возбуждения в веществе продольных механических колебаний, другой — для преобразования дошедших до него колебаний снова в электрические колебания.

Ультразвуковую линию задержки изображают двумя символами пьезоэлектрических элементов с отрезком прямой линии, ограниченной засечками, над ними (рис. 179). Над этой линией, являющейся общим символом задержки, в необходимых случаях указывают величину времени задержки (например, 10 мс).

В импульсной технике применяют линии задержки, состоящие из

катушек и конденсаторов, соединенных определенным образом между собой. Условное обозначение такой линии задержки состоит из символа катушки, знака задержки и знака, символизирующего нижние обкладки конденсаторов, входящих в устройство (рис. 180). Если линия задержки имеет отводы (что позволяет изменять время задержки), знак задержки мешает показать соединение отводов с другими элементами схемы, поэтому его не изображают.

В устройствах автоматики, телемеханики, а также и некоторых бытовых радиоаппаратах (электропроигрывателях, магнитофонах, радиоприемниках высшего класса) широко используют различные электродвигатели. В бытовой технике применяют в основном асинхронные двигатели переменного тока и коллекторные двигатели постоянного тока. Первые из них обычно имеют две статорные обмотки (рабочую и фазосдвигающую) и ротор в виде так называемой беличьей клетки. Сдвиг фаз между токами в обмотках, необходимый для образования вращающегося магнитного поля, создается конденсатором, включаемым в цепь фазосдвигающей обмотки. Условное обозначение такого двигателя включает в себя общее обозначение ротора (кружок) и символы обмоток, смещенных на угол 90° относительно друг друга (рис. 181, **а**).

Если необходимый сдвиг фазы осуществляется короткозамкнутым витком на полюсе статора асинхронного двигателя, в условном обозначении основную обмотку изображают, как обычно, а короткозамкнутый виток — в виде замкнутой накоротко обмотки, символ которой наклонен к символу основной обмотки под углом 45° (рис. 181, **б**).

Одно из основных требований к электродвигателям постоянного тока — экономичность, т. е. малая мощность, потребляемая от источника питания. Поэтому вместо обмотки возбуждения в них используют постоянные магниты, а соединение обмотки якоря с источником тока осуществляют посредством двух щеток, контактирующих с контактами коллектора. Условное обозначение такого ротора представляет собой окружность, по диаметру которой расположены два небольших зачерненных прямоугольника, символизирующих щетки (рис. 182, **а**). Магнит изображают в виде жирной скобки.

Электродвигатели постоянного тока, используемые в электропроигрывателях и магнитофонах, снабжают центробежными стабилизаторами скорости. Такой стабилизатор состоит из одной или нескольких пар контактов, один (или несколько) из которых может изменять свое положение под действием центробежной силы при увеличении скорости выше номинальной. Обычно контакты работают на размыкание. При увеличении скорости они включают в цепь питания двигателя резистор небольшого сопротивления. В результате этого скорость электродвигателя

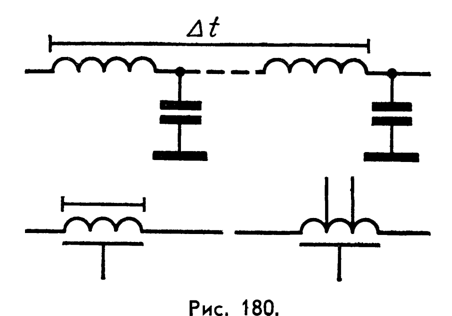


Рис. 180.

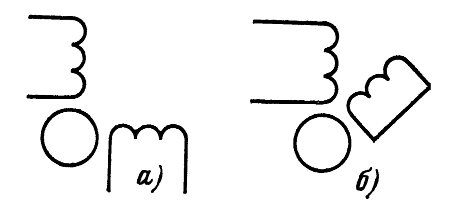


Рис. 181.

Рис. 182.

начинает уменьшаться до тех пор, пока контакты стабилизатора снова не замкнутся.

Условные обозначения контактов стабилизатора помещают внутри символа ротора, причем подвижный контакт выделяют утолщенной линией и ставят на его обозначении точку (рис. 182, **б**).

Провода, кабели, волноводы

Обязательным элементом условных графических обозначений электро- и радиоэлементов, как это видно из предыдущих глав, являются линии, символизирующие выводы реальных деталей. В радиоприборе выводы элементов соединены в определенном порядке проводниками, на схемах это показывают линиями электрической связи. Для удобства чтения схем линии связи чертят, как правило, в горизонтальном и вертикальном направлениях. Исключение составляют схемы некоторых узлов, начертание которых давно уже стало традиционным (например, однофазный двухполупериодный мостовой выпрямитель, измерительные мосты). Изменения направлений соединительных линий делают только под прямым углом.

Символы элементов располагают на принципиальных схемах так, чтобы линии электрических связей были возможно короче, имели возможно меньшее число изломов и пересечений. Длинные соединительные провода нередко изображают на схемах короткими линиями или вовсе не показывают их, соединяя выводы символов элементов непосредственно друг с другом. Бывает и иначе: в приборе элементы соединены своими выводами, а на схеме это соединение показано длинной линией электрической связи.

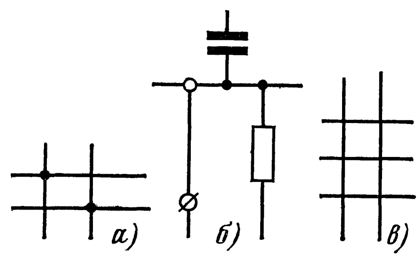


Рис. 183.

В местах соединения линий ставят жирные точки, символизирующие место спая, сварки, скрутки (рис. 183, **а**). Такие же точки ставят и в случаях, когда от линии электрической связи сделано ответвление. Если же необходимо показать на схеме, что соединение выполнено с помощью зажима, болта или другого разъемного элемента, вместо зачерненной точки изображают маленький незачерненный кружок либо кружок несколько большего диаметра, перечеркнутый наискось коротким штрихом (рис. 183, **б**).

В местах пересечения линий, электрически не соединенных между собой, никаких знаков не ставят (рис. 183, **в**).

Соединение деталей в радиоприборах может быть осуществлено различными проводниками: одножильными, многожильными, полосками фольги (при печатном монтаже) и т. д. На принципиальных электрических схемах это не показывают. Исключение составляют гибкие проводники, положение которых можно изменять при работе с прибором (например, провода, соединяющие с радиоприбором щупы, датчики, измерительные головки и т. п.). Такие провода обозначают волнистой линией (рис. 184).

Число линий связи между элементами или функциональными группами на схемах сложных приборов часто оказывается большим. Если к тому же эти линии идут параллельно друг другу, то проследить связь, осуществленную какой-либо отдельной линией, становится трудно. В подобных случаях при составлении схем применяют простой прием: если число параллельных линий больше четырех, их разбивают на группы по три линии в каждой, считая сверху. Между соседними линиями разных групп оставляют более широкий зазор (рис. 185).

Однако и этого иногда оказывается недостаточно. Тогда несколько линий, идущих параллельно в одном направлении и электрически не

соединенных между собой, сливают в одну линию. Слияние и разветвление показывают на схемах либо под прямым углом, либо под углом 45°. Чтобы в этом случае можно было установить взаимосвязь элементов на схеме прибора, в местах слияния и разветвления каждую линию обозначают порядковым номером (рис. 186).

Группа параллельных линий электрической связи может быть выполнена проводами, объединенными в жгут, или многопроводным кабелем. Чтобы показать на схеме линии связи, осуществленные многопроводным кабелем, используют знак в виде охватывающего их овала (рис. 187, **а**). Если же только часть соединений выполнена кабелем, а остальные — одиночными проводами, знак многопроводного кабеля изображают над линиями связи, а от него проводят линию со стрелками, указывающими на линии, входящие в кабель (рис. 187, **б**).

В некоторых случаях провода при монтаже скручивают (например, провода цепей накала радиоламп при питании их переменным током). Скрутка уменьшает наводки от этих проводов на входные цепи усилителей, способствует снижению уровня фона. Желая показать скрутку на схеме, соответствующие линии электрической части охватывают специальным знаком, представляющим собой наклонную линию с засечками на концах (рис. 188, **а**). Если в группе линий связи, кроме скрученных проводов, есть и нескрученные, поступают так же, как и при обозначении кабельных соединений, вынося символ скрутки вверх (рис. 188, **б**).

В любом радиоприборе между отдельными элементами и соединяющими их проводами, помимо полезных связей, существуют еще и паразитные связи, которые иногда могут привести к нарушению нормальной работы прибора, если их не устранить. С этой целью отдельные элементы и провода экранируют.

Экран обозначают на схемах тонкой штриховой линией (рис. 189). Чаще всего в радиоприборах используют электростатические экраны, позволяющие устранить емкостную связь между экранируемыми и остальными элементами. Такие экраны

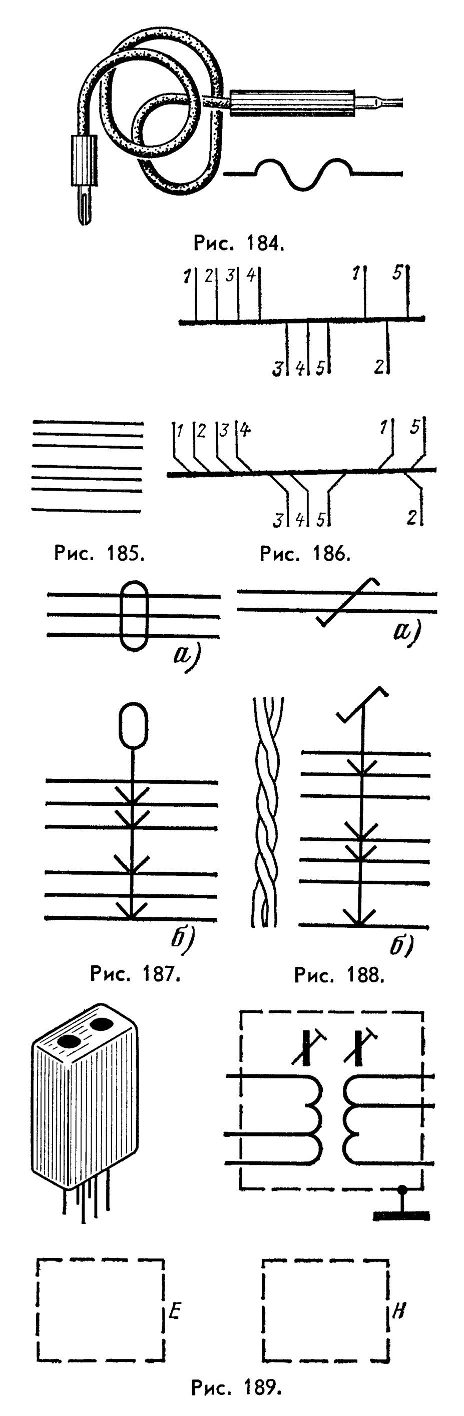


Рис. 184.
Рис. 185.
Рис. 186.
Рис. 187.
Рис. 188.
Рис. 189.

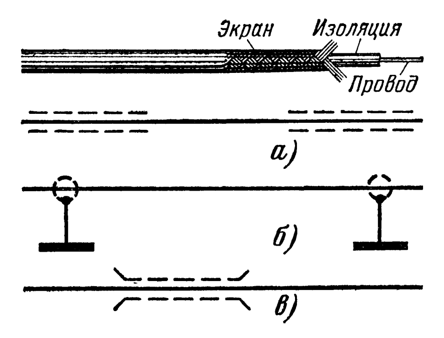


Рис. 190.

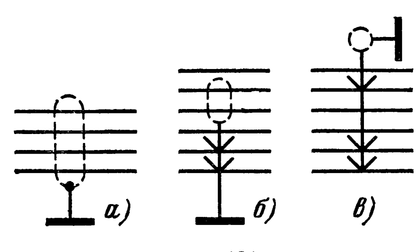
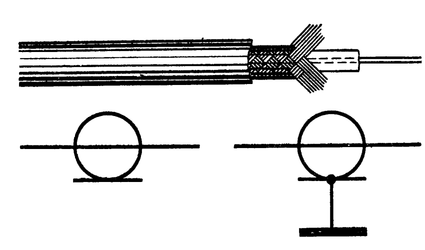
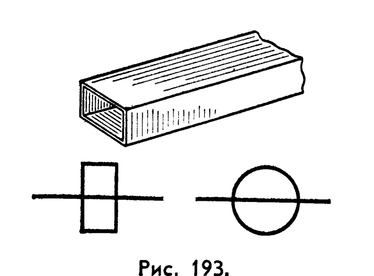


Рис. 191.


Рис. 192.


Рис. 193.

изготавливают из листовых металлов, обладающих высокой электропроводностью (медь, алюминий). Детали, чувствительные к магнитным полям или являющиеся их источником, заключают в магнитные экраны, изготавливаемые из ферромагнитных материалов с высокой начальной магнитной проницаемостью (мягкая сталь, пермаллой).

При необходимости вид экранирования указывают на схемах буквами: E — экран электростатический, H — магнитный.

Если в экран заключена группа элементов прибора, его изображают в виде прямоугольника, охватывающего символы соответствующих элементов. Электростатические экраны соединяют в приборе с металлическим шасси или общим проводом. Символ корпуса — утолщенная черточка с выводом от середины, изображается на схемах в горизонтальном или вертикальном положении.

Часто в экран заключают отдельные провода и группы их. Такой экран представляет собой трубку, сплетенную из тонких медных луженых проволок.

Экранированные линии электрической связи обозначают штриховыми линиями по обе ее стороны или штриховым кружком на ней (рис. 190). Если длина линии на схеме велика, обозначение экранирования наносят в начале и конце ее (рис. 190, **а**, **б**), а иногда — в промежутках между ними. Если же только часть соединения выполнена экранированным проводом, то линию связи изображают со знаком частичного экранирования — в виде штриховой линии с отогнутыми концами (рис. 190, **в**).

Группы линий, помещенных в общий экран, обозначают штриховым овалом, напоминающим символ кабельного соединения (рис. 191, **а**). Когда в группе линий связи имеются экранированные и неэкранированные линии (рис. 191, **б**), пользуются приемом, рассмотренным ранее, но если в прежних примерах линии со стрелками выполняли только роль указателей, то здесь они сами являются линиями связи (как и экран), поэтому их можно соединять с символами корпуса и заземления. В некоторых случаях вместо овального знака экра-

нирования используют круглый знак (рис. 191, в).

Для передачи электромагнитной энергии сверхвысоких частот (вплоть до 3000 МГц) применяют коаксиальные кабели. Такой кабель представляет собой систему из двух проводников, из которых один, выполненный в виде трубки, полностью охватывает второй. Внутренний проводник располагается точно по оси внешнего, чем и объясняется название «коаксиальный». Внешний проводник представляет собой гибкую оплетку из медной проволоки. Пространство между проводниками заполнено пластичным высокочастотным диэлектриком в виде чашечек, ленточной спирали или сплошной массы. Благодаря экранирующему действию внешнего проводника электромагнитное поле в коаксиальном кабеле сосредоточено в пространстве между проводниками. Иными словами, коаксильный кабель практически не излучает радиоволн.

Коаксиальный кабель обозначают на схемах знаком в виде кружка с черточкой внизу (рис. 192). Поскольку этот знак по существу символизирует внешний проводник кабеля, его, как и знак экранирования, соединяют при необходимости с выводами корпуса прибора, заземления и т. д.

На частотах выше 3000 МГц потери в коаксиальных кабелях сильно возрастают, поэтому взамен их используют волноводы — полые металлические трубы круглого, прямоугольного и других сечений, по которым при определенных условиях могут распространяться электромагнитные волны.

На схемах волновод обозначают, как и однопроводную линию электрической связи, но со знаком, характеризующим вид его поперечного сечения (прямоугольник, круг и т. п. — см. рис. 193).

При большой длине линии электрической связи, обозначающей волновод, символ поперечного сечения наносят с такими интервалами, чтобы ее нельзя было спутать с другими линиями на схеме.

Внутри символа сечения помещают знаки, характеризующие вещество, которым иногда заполняют волноводы. Так, чтобы показать на схеме газонаполненный волновод, в верхней части символа сечения ставят жирную точку, а в непосредственной близости от него над линией связи указывают вид газа (например, фреон) и давление, под которым он находится (например, 0,3 ат).

В условном обозначении волновода, заполненного каким-либо твердым диэлектриком, знак поперечного сечения заштриховывают крест-накрест (как пластмассовые детали в разрезах и сечениях на машиностроительных чертежах). Точно так же поступают и при изображении на схемах диэлектрических волноводов. Только в этом случае сам символ поперечного сечения показывают не сплошной, а штриховой линией.

Для того чтобы показать на схеме переход от одного типа волновода к другому (например, от прямоугольного к коаксиальному), используют знак, похожий на символ подстроечного регулирования, но с несколько большей поперечной линией на конце. Этим знаком пересекают линию электрической связи под прямым углом, а по обе стороны от него изображают знаки, характеризующие типы волновода до и после перехода.

Характер перехода (плавный или ступенчатый) показывают знаками плавного или ступенчатого регулирования, помещая их над короткой линией символа перехода.

Для обозначения гибких волноводов используют тот же знак, что и для гибких проводов.

Изгиб жесткого волновода изображают на схемах следующим образом. Изогнутый участок показывают прямой линией электрической связи и выделяют засечками. Над ним помещают символическое обозначение вида изгиба (уголковый — в виде уголка, радиусный — в виде соответствующей дуги окружности), указывают величину угла (30°, 60°) и плоскость изгиба (E или H).

4. СОСТАВЛЕНИЕ И ЧТЕНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ

Мы познакомились с условными графическими обозначениями большого числа элементов радиоприборов. Как уже говорилось, эти обозначения составляют своеобразную азбуку электрических схем, без знания которой схемы нельзя читать вообще. Но мало знать азбуку, надо еще уметь складывать из букв слова, из слов — фразы и т. д., т. е. видеть в различных сочетаниях и соединениях условных обозначений определенные устройства, представлять происходящие в них процессы. Умение читать схемы приходит не сразу. Нужна длительная тренировка в разборе поначалу простых, а затем все более и более сложных схем. И даже встретившись со схемой, по которой не предполагается что-либо собирать, стоит изучить ее по описанию, накапливая тем самым знания, необходимые всякому, кто всерьез решил заняться радиоэлектроникой.

Задумались ли Вы когда-нибудь, как мы читаем обычный текст, хотя бы на этой странице книги? Оказывается, что слоги и целые слова мы скорее узнаем (угадываем), чем читаем. Наш взгляд при этом движется вдоль строк скачками, от слова к слову. Пропуски отдельных букв или опечатки в некоторых словах мы часто даже не замечаем. Объясняется это просто. С подавляющим большинством слов мы столько раз встречались, что их начертание стало для нас привычным, и одного беглого взгляда достаточно, чтобы их опознать, отличить от других. Но попробуйте написать, а некоторое время спустя прочитать несколько слов, расположив буквы сверху вниз или справа налево. К этому мы не привыкли, и на чтение уйдет гораздо больше времени. Примерно то же самое наблюдается и в электрических схемах.

Многие участки схем, включая целые функциональные группы элементов, уже давно изображают в единой установившейся манере, располагая входящие в них условные графические обозначения и линии электрической связи определенным образом. Радиоспециалист или натренированный в чтении схем радиолюбитель читает такие схемы буквально с одного взгляда именно потому, что в подобном виде они встречались ему много раз.

Вот, например, делитель напряжения, состоящий из последовательно соединенных резисторов, подключенных свободными выводами к источнику напряжения (рис. 194). Ток, протекающий через делитель, создает на каждом из резисторов падение напряжения, пропорциональное его сопротивлению. С одного из резисторов снимают напряжение, необходимое для работы того или иного устройства. Установилась традиция изображать делитель на схемах, располагая символы составляющих его резисторов по вертикали или под углом, как показано на рис. 194, **в, г**. Стоит ли говорить, насколько труднее узнать тот же делитель, если он изображен иначе, например, как показано на рис. 194, **а, б.**

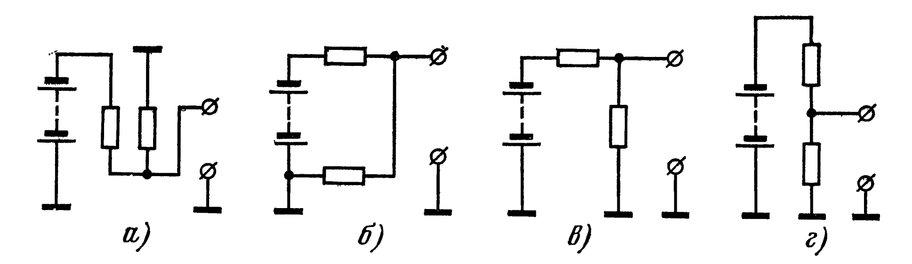


Рис. 194.

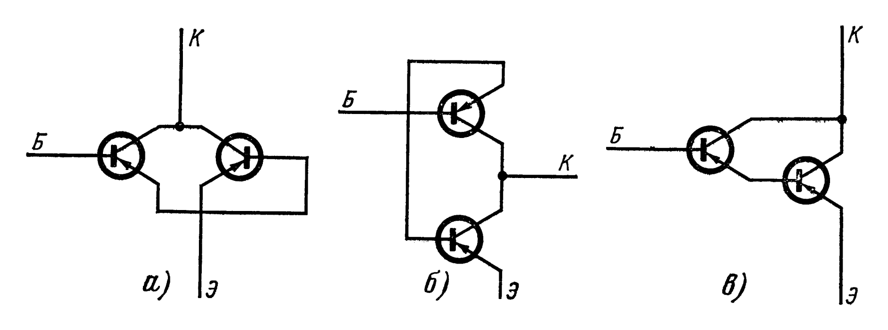


Рис. 195.

Рис. 196.

В бестрансформаторных усилителях низкой частоты, стабилизаторах напряжения и многих других устройствах используют так называемые составные транзисторы, состоящие из двух (а иногда и более) транзисторов, соединенных между собой определенным образом. Получается как бы один транзистор, обладающий более высоким, чем любой из составляющих его транзисторов, входным сопротивлением и большим коэффициентом передачи тока. Традиционное изображение составного транзистора (рис. 195, **в**) построено так, что

в нем четко видны выводы всех его электродов — эмиттера, базы и коллектора, чего нельзя сказать про изображения, показанные на рис. 195, **а, б.**

Отдельные функциональные группы элементов (например, двухтактные и балансные усилители, мультивибраторы, триггеры и т. п.) обладают электрической симметрией. С учетом этого их изображают и на схемах, располагая символы входящих в них элементов симметрично относительно горизонтальной или вертикальной осей. В таком виде схемы этих устройств наиболее наглядны, легко запоминаются и, что не менее важно, занимают мало места. При изучении подобных устройств достаточно понять процессы, протекающие в одной их части, чтобы представить принцип действия устройства в целом. Для примера на рис. 196, **а, б** показаны в традиционном начертании схемы двухтактного выходного каскада усилителя низкой частоты на транзисторах различной структуры и триггера на электронных лампах. Те же схемы, вычерченные без учета особенностей этих устройств (рис. 196, **в, г**), читать намного труднее.

Как уже говорилось, соединения элементов на схемах показывают горизонтальными и вертикальными линиями электрической связи. Именно по этим направлениям наш взгляд движется легче всего, а это облегчает чтение схем. Условные графические обозначения элементов изображают на схемах в положениях, предусмотренных соответствующими стандартами ЕСКД (в этой книге они изображены именно так), либо, если это необходимо, поворачивают их на угол, кратный 90°. Исключение составляют мостовые схемы, которые строятся в форме квадрата, поставленного на один из углов. В связи с этим условные обозначения элементов мостовых схем изображают повернутыми на угол 45°. Такое начертание выделяет их на фоне горизонтальных и вертикальных линий и способствует большей наглядности схем.

В измерительной технике широко используют мостовые схемы для измерения сопротивлений, емкостей и индуктивностей. Одна из них — схема моста для измерения сопротивлений, показана на рис. 197.

Нередко радиоэлектронное устройство содержит несколько элементов или функциональных групп, выполняющих одинаковые задачи. В многопредельном вольтметре такими элементами являются добавочные резисторы, в радиоприемнике — колебательные контуры разных диапазонов, в *RC*-генераторе — резисторы или конденсаторы частотозадающей цепи и т. д. Желая подчеркнуть их одинаковое назначение и тем облегчить чтение схем, символы этих элементов и групп изображают одинаково и располагают их в ряд по вертикали или горизонтали (рис. 198).

Бывает и так, что в приборе имеется несколько одинаковых групп элементов, соединенных последовательно или параллельно. Чтобы не изображать все элементы, входящие, например, в многозвенный фильтр сосредоточенной селекции, высоковольтный выпрямитель из большого числа последовательно соединенных диодов, зашунтированных резисторами, и т. д., на схеме показывают только крайние группы, а остальные заменяют штриховыми линиями (рис. 199). Кстати, это уже третье применение штриховых линий в электриче-

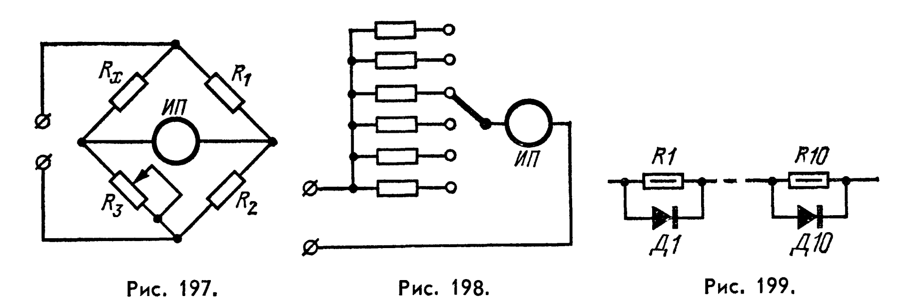


Рис. 197. Рис. 198. Рис. 199.

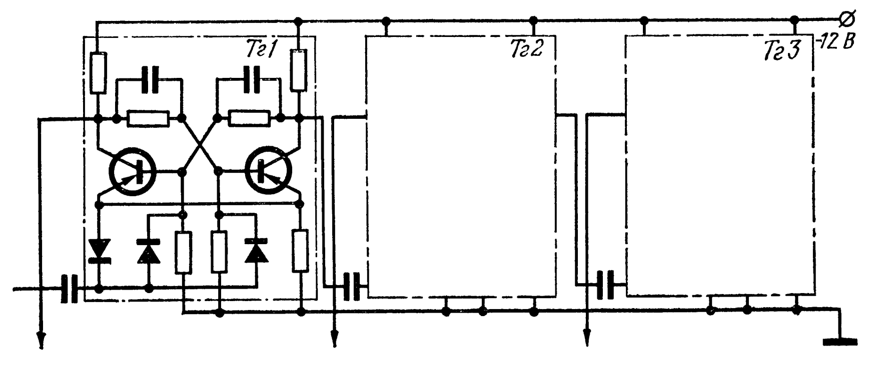


Рис. 200.

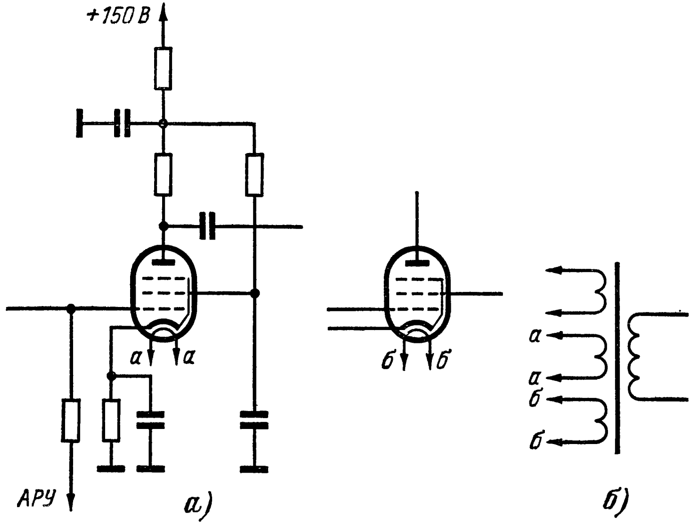


Рис. 201.

ских схемах (об использовании их для обозначения механических связей и экранирования говорилось ранее). В сокращенном обозначении группы элементов они имеют новый смысл: заменяют пропущенные элементы и в то же время показывают связь между крайними группами. Чтобы не потерять пропущенные элементы при таком способе изображения групп, позиционные цифровые обозначения указывают на схемах так, как если бы были изображены все элементы.

Для современной радиотехники и электроники вообще характерна тенденция упрощать схемы. Так, например, на схемах радиоустройств, состоящих из большого числа одинаковых функциональных групп элементов (усилителей, мультивибраторов, триггеров и т. д.), часто вычерчивают полностью только

одну группу, заменяя остальные группы прямоугольниками из штрихпунктирных линий с соответствующим числом внешних связей (рис. 200).

При составлении и чтении принципиальных электрических схем исходят из того, что основную роль в преобразовании электрического сигнала в приборе выполняют электровакуумные и полупроводниковые приборы. При изучении схемы глаза невольно задерживаются на символах радиоламп, транзисторов, внимательно рассматривают расположенные рядом и соединенные с ними символы других элементов и, только выяснив назначение каскада, переходят к следующему участку схемы. Иначе говоря, схемы читаются покаскадно, и для того, чтобы делать это было легче, каскады располагают в порядке последовательности преобразования электрического сигнала слева направо.

Для облегчения ориентирования в схемах цепи сигнала, питания, смещения, а также символы элементов, выполняющих одинаковые функции в различных каскадах устройства, по возможности располагают на определенных установившихся уровнях. Так, провода высокого напряжения (питание анодно-экранных, коллекторных и базовых цепей) чертят вверху схемы, ниже их располагают символы элементов развязывающих фильтров, анодных и коллекторных нагрузок (рис. 201, **а**). В средней части помещают обозначения активных элементов (радиоламп, транзисторов и элементов цепей передачи сигнала от каскада к каскаду). Внизу располагают элементы катодных и эмиттерных цепей, цепи накала радиоламп, линии заземления, корпуса и элементы цепей автоматических регулировок.

Некоторые части устройства (источник питания, клавиатура электромузыкального инструмента и т. п.) нередко имеют большое число связей с остальными. Если показать на схеме все эти связи, то выделить тот или иной каскад при изучении работы прибора будет нелегко. Например, если на схеме прибора, содержащего десятки радиоламп, показать все цепи накала, то эти линии образуют такую густую сетку, что схема станет неудобочитаемой. По этой причине накальные, анодно-экранные и некоторые другие цепи изображают не полностью, обрывая их, а чтобы было понятно, куда та или иная цепь подключена, обрывы линий связи заканчивают стрелками с указанием места подключения. Так, надпись у оборванной линии связи «+ 150 В» означает, что цепь соединена с положительным полюсом источника с таким напряжением, буквы *АРУ* говорят о принадлежности к цепи автоматической регулировки усиления и т. д.

Подогреватели электронных ламп в ряде случаев питают от разных обмоток трансформаторов питания. Если необходимо указать на схеме, какие лампы питаются от той или иной обмотки, возле стрелок на символах подогревателей и соответствующих выводов обмоток пишут одинаковые цифры или буквы (рис. 201, **б**).

Линии соединения с корпусом (шасси) прибора или заземлением в отличие от остальных заканчивают не стрелками, а символами корпуса или заземления.

Схему, чрезмерно вытянутую в горизонтальном направлении, изучать трудно, часто требуется вернуться к уже рассмотренным ее участкам, а они отстоят далеко друг от друга. В подобных случаях схему разбивают на части, помещая их друг под другом, в несколько этажей. Каждый предыдущий участок схемы заканчивают линиями связи со стрелками на концах и адресами мест подключения. Новый этаж начинают теми же линиями связи со стрелками, но с обратными «адресами» (указывают цепи предыдущего этажа).

Заканчивая рассказ об основных правилах построения и чтения схем, на основе схемы конкретного радиоустройства — транзисторного приемника прямого усиления познакомимся с некоторыми, общими для многих электрических схем узлами и теми сведениями, которые указывают на них для облегчения пользования.

Приемник (рис. 202) содержит магнитную антенну *Ан1*, два одинаковых каскада усиления ВЧ на транзисторах *Т1* и *Т2*, детектор на диодах *Д1* и *Д2* и двухкаскадный усилитель низкой частоты на транзисторах *Т3*, *Т4* и *Т5*, нагруженный на громкоговоритель *Гр1*.

Радиоволны создают в сердечнике магнитной антенны магнитный поток, и в ее катушках возникает э. д. с., которую можно подать на вход приемника для усиления и преобразования в звук. Настройка магнитной антенны осуществляется конденсатором переменной емкости *C1*, включенным параллельно катушке *L1* магнитной антенны.

Колебания, возникшие в контуре, очень слабы и недостаточны для нормальной работы детектора, поэтому их необходимо усилить. Резонансное сопротивление контура составляет сотни килоом, а транзисторные каскады, собранные по схеме, показанной на рис. 202, имеют входное сопротивление в сотни раз меньшее (сотни ом — единицы килоом). Чтобы существенно не ухудшить резонансные свойства входного контура, на вход усилителя следует подать не все напряжение с контура, а только небольшую его часть. Делают это с помощью дополнительной катушки *L2* (катушки связи), помещенной рядом с катушкой *L1* и содержащей в 15—20 раз меньше витков, чем она. Катушки *L1* и *L2* образуют понижающий трансформатор высокой частоты. Благодаря этому входное сопротивление усилителя относительно мало влияет на избирательность колебательного контура.

Соединять катушку связи *L2* непосредственно с базой транзистора *T1* тоже нельзя. Сопротивление провода этой катушки составляет сотые доли ома. Очевидно, если ее подключить к базе транзистора, резистор *R2* окажется практически замкнутым накоротко и режим работы транзистора будет полностью нарушен. Чтобы этого не случилось, катушка связи соединена с базой транзистора через конденсатор *C2*, который входит в делитель напряжения, нижним плечом которого является входное сопротивление усилительного каскада. Чтобы на вход каскада с катушки *L2* поступила бо́льшая часть напряжения высокой частоты, емкостное сопротивление конденсатора *C2* на самой низкой частоте, которую приемник принимает, должно быть намного меньше входного сопротивления усилителя. Так, если самая низкая частота равна 110 кГц

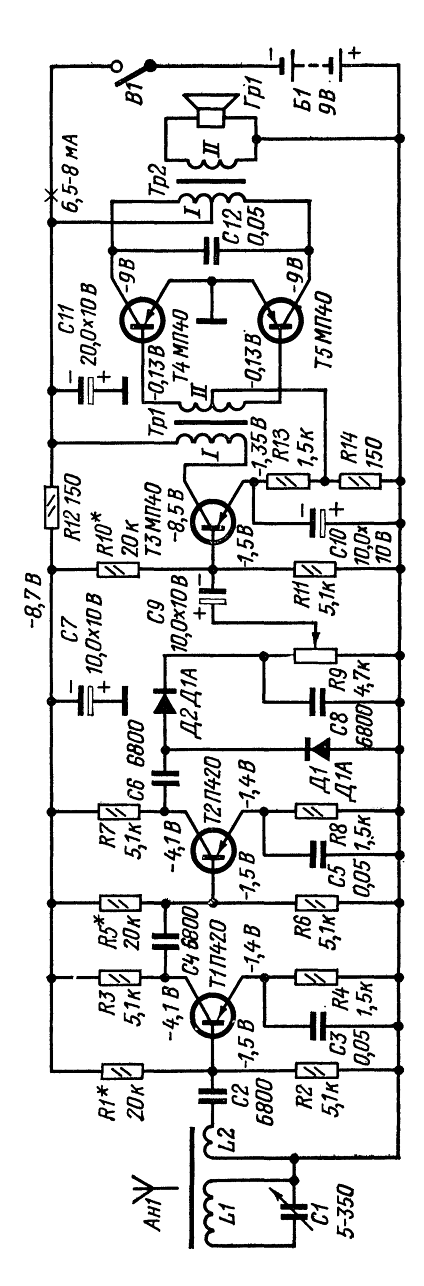


Рис. 202.

(конец длинноволнового диапазаона), то емкость конденсатора *C2* должна быть не менее 6800—10 000 пФ. Тогда емкостное сопротивление конденсатора будет равно 150—100 Ом, т. е. меньше входного сопротивления усилителя.

Следует сказать несколько слов о режиме работы транзистора. Для того, чтобы транзистор усиливал сигнал без искажений, в цепи его коллектора должен протекать некоторый ток покоя (1—2 мА), а между эмиттером и коллектором должно быть приложено напряжение не менее нескольких вольт. Для создания этого тока между базой и эмиттером необходимо приложить небольшое напряжение смещения (примерно 0,15—0,2 В). Получают его с помощью резисторов *R1*, *R2* и *R4*. Первые два резистора образуют делитель напряжения, подключенный к батарее питания *Б1* (сопротивление резистора *R12* мало, и падением напряжения на нем можно пренебречь).

Сопротивления резисторов *R1* и *R2* подобраны так, что на базе транзистора *T1* относительно общего провода, соединенного с положительным полюсом батареи, действует напряжение, составляющее примерно пятую часть ее напряжения. Ток эмиттера, проходя через резистор *R4*, создает на нем падение напряжения, минус которого приложен к эмиттеру, по величине несколько меньшее напряжение на резисторе *R2*. В результате между базой и эмиттером транзистора *T1* действует напряжение, равное разности падений напряжения на резисторах *R2* и *R4*. Это и есть напряжение смещения.

При изменении тока эмиттера (например, под действием температуры) изменяется и падение напряжения на резисторе *R4*, а поскольку напряжение на резисторе *R2* определяется только напряжением источника питания, то в результате изменится и напряжение смещения. Это в свою очередь вызовет изменение тока базы и связанное с ним изменение тока эмиттера, причем в такую сторону, что нарушенный режим работы восстанавливается. Другими словами, резисторы *R1*, *R2* и *R4* не только определяют режим работы транзистора, но и стабилизируют его.

Ток коллектора, который меньше тока эмиттера на величину тока базы, создает падение напряжения на резисторе *R3*, поэтому между эмиттером и коллектором транзистора приложено напряжение, равное разности напряжения батареи *Б1* и суммы падений напряжений на резисторах *R3* и *R4*. При токе коллектора порядка 1 мА это напряжение равно примерно 3 В, а это значит, что транзистор работает на линейном участке характеристики, где изменение напряжения между эмиттером и коллектором не влияет на ток коллектора.

При подаче на базу транзистора колебаний высокой частоты напряжение между базой и эмиттером изменяется в такт с этими колебаниями, вызывая изменение тока базы. Это в свою очередь вызывает усиленные во много раз изменения коллекторного тока, в результате чего на резисторе *R3*, помимо постоянного, появится и переменное напряжение.

То же самое будет происходить и в цепи эмиттера, если параллельно резистору не включен конденсатор *C3*. Переменное напряжение, создаваемое на резисторе *R4* током эмиттера, будет стремиться уменьшить изменения тока базы, а следовательно, и тока в коллекторной цепи. В результате усиление каскада будет небольшим. Чтобы реализовать усилительные свойства транзистора, параллельно резистору в эмиттерную цепь включают конденсатор. Емкость этого конденсатора выбирают таким образом, чтобы его емкостное сопротивление на самой низкой усиливаемой частоте было во много раз меньше сопротивления резистора. Тогда для переменного тока высокой частоты эмиттер окажется соединенным с общим проводом через небольшое емкостное сопротивление, и падение на нем переменного напряжения не сможет существенно влиять на ток базы. Для частоты 150 кГц сопротивление конденсатора емкостью 0,05 мкФ составляет примерно 45—50 Ом, т. е. в 30 раз меньше, чем сопротивление резистора *R4*.

С резистора *R3* усиленное напряжение высокой частоты поступает на вход следующего каскада усиления через конденсатор *C4*, разделяющий каскады по постоянному току. Нагрузкой первого каскада по переменному току является входное сопротивление второго каскада, поэтому к емкости

конденсатора *C4* предъявляются те же требования, что и к конденсатору *C2*. Схема усилительного каскада на транзисторе *T2* полностью аналогична схеме первого каскада. Сигнал, усиленный вторым каскадом, поступает на детекторный каскад, состоящий из диодов *Д1* и *Д2*, конденсаторов *C6* и *C8* и переменного резистора *R9*.

Емкость переходного конденсатора *C6* выбрана так, чтобы на нем практически не терялось напряжение высокой частоты. Емкость конденсатора *C8* должна быть настолько большой, чтобы его сопротивление для токов высокой частоты было намного меньше сопротивления резистора *R9* (иначе колебания высокой частоты попадут на вход усилителя низкой частоты и могут привести к самовозбуждению приемника), но она должна быть достаточно малой, чтобы не шунтировать резистор *R9* для токов низкой частоты. Этим требованиям удовлетворяет конденсатор емкостью в несколько тысяч пикофарад, если сопротивление резистора *R9* составляет несколько килоом.

С резистора *R9* напряжение низкой частоты подается на вход усилителя низкой частоты. Перемещая движок этого резистора, можно регулировать громкость звуковоспроизведения. Для разделения входной цепи транзистора *T3* и выходной цепи детекторного каскада служит конденсатор *C9*, емкость которого во много раз больше емкости конденсаторов, используемых с этой же целью в высокочастотных цепях. Дело в том, что на нижних частотах (100—200 Гц) сопротивление конденсатора емкостью 10 000 пФ составляет 80—160 кОм, в то время как входное сопротивление транзисторного усилителя, как уже говорилось, не превышает единиц килоом. Легко представить, какая часть низкочастотного напряжения с детекторного каскада попадает на вход усилителя низкой частоты в этом случае. Поэтому емкость переходного конденсатора в низкочастотных усилителях выбирают по крайней мере в тысячу раз больше, а поскольку конденсаторы с обычными диэлектриками при такой емкости имеют очень большие размеры, используют электролитические конденсаторы. Поскольку напряжение на базе транзистора *T3* отрицательно по отношению к общему проводу, а на движке резистора положительно (или равно нулю в нижнем положении движка) относительно общего провода, то электролитический конденсатор *C9* должен быть включен, как показано на схеме.

Конденсатор *C10*, шунтирующий резисторы *R13* и *R14*, также имеет большую емкость по сравнению с конденсаторами в эмиттерных цепях транзисторов *T1* и *T2*, что объясняется более низкими частотами, усиливаемыми транзистором *T3*.

В коллекторную цепь транзистора *T3* включена первичная обмотка согласующего трансформатора *Тр1*. Он предназначен для создания на базах транзисторов выходного каскада *T4* и *T5* двух противофазных напряжений и для согласования довольно высокого выходного сопротивления каскада на транзисторе *T3* с низкими входными сопротивлениями транзисторов *T4* и *T5*. Последнее требование обусловлено необходимостью получить от усилителя низкой частоты возможно большее усиление. Очевидно, что трансформатор *Тр1* должен быть понижающим.

Режим работы транзистора *T3*, как и в ранее рассмотренных усилительных каскадах, определяется делителем, состоящим из резисторов *R10* и *R11*, и резисторами *R13* и *R14* в цепи эмиттера. Напряжение смещения на базы транзисторов оконечного каскада снимается с резистора *R14*, включенного в цепь эмиттера транзистора *T3*.

Когда на базе транзистора *T4* напряжение сигнала имеет отрицательную полярность по отношению к эмиттеру, его коллекторный ток увеличивается. В это же время на базе транзистора *T5* напряжение сигнала имеет положительную полярность, в результате чего он закрывается. В следующий полупериод, наоборот, усиливает транзистор *T5*, а транзистор *T4* закрыт. Таким образом, транзисторы *T4* и *T5* работают по очереди, как бы на два такта.

Колебания коллекторных токов в первичной обмотке трансформатора *Тр2*, через которую подается напряжение на коллекторы транзисторов оконечного каскада, вызывает появление магнитного потока, охватывающего обе его обмотки. Под действием этого потока во вторичной обмотке наводится пере-

менная э. д. с., и через громкоговоритель *Гр1* течет переменный ток звуковой частоты, заставляющий колебаться его диффузор. Назначение этого трансформатора, называемого обычно выходным, — согласовать выходное сопротивление выходного каскада с низким сопротивлением звуковой катушки громкоговорителя.

Вот в основном и все, что можно сказать о работе приемника, внимательно рассматривая его схему. Правда, осталось еще несколько элементов, на первый взгляд не имеющих прямого отношения к работе приемника. Это резистор *R12*, конденсаторы *C7* и *C11*. Однако без этих элементов приемник часто работает плохо и вот почему. Все токи, протекающие в цепях приемника (и постоянные, и переменные токи ВЧ и НЧ), замыкаются через батарею *Б1*, создавая на ее внутреннем сопротивлении падение напряжения. В результате токи одних каскадов взаимодействуют с токами других каскадов, что может явиться причиной самовозбуждения приемника. Чтобы уменьшить сопротивление источника питания переменным токам, его шунтируют конденсатором большой емкости *C11*, имеющим малое емкостное сопротивление для всех токов. Роль этого конденсатора повышается при разряде батареи, когда ее внутреннее сопротивление возрастает.

С целью уменьшения вероятности самовозбуждения приемника применены также резистор *R12* и конденсатор *C7*, образующие фильтр, препятствующий попаданию токов высокой частоты в цепи источника питания и токов низкой частоты в цепи усилителей высокой частоты и смещения транзистора *Т3*. Емкость конденсатора *C7* выбрана так, чтобы его емкостное сопротивление на низких частотах было меньше сопротивления резистора *R12*. Благодаря этому токи высокой и низкой частот замыкаются на общий провод приемника. Подобные фильтры, получившие название развязывающих, применяют во всех случаях, когда необходимо исключить взаимное влияние каскадов друг на друга.

Возле позиционных обозначений некоторых элементов на схеме приемника стоят знаки *; это значит, что параметры элементов подбираются при настройке. Резисторы *R1*, *R5* и *R10* подбирают так, чтобы получить рекомендуемые токи коллекторов транзисторов *Т1*, *Т2* и *Т3*. Однако измерять коллекторные токи неудобно: для этого необходимо разрывать коллекторные цепи транзисторов. Более удобно измерять напряжения на электродах и по ним судить о режиме работы. Эти напряжения и указаны возле выводов транзисторов на схеме. Полярность напряжений указана по отношению к общему проводу приемника.

Может оказаться, что в собранном приемнике какая-то деталь оказалась неисправной или, что бывает чаще, особенно у начинающих радиолюбителей, допущена ошибка в монтаже. Поэтому при первом включении питания последовательно с выключателем *В1* рекомендуется включить миллиамперметр. Если ток, потребляемый приемником, незначительно отличается от указанного на схеме, можно продолжить работу, если же он в несколько раз больше, батарею надо немедленно отключить и еще раз проверить правильность монтажа и исправность деталей.

5. ТРАФАРЕТЫ ДЛЯ ВЫЧЕРЧИВАНИЯ СХЕМ

Кому хоть раз приходилось чертить принципиальные электрические схемы, известно, как нелегко на глаз выдержать размеры условных графических обозначений, расположить их так, чтобы схема имела привычный вид. При невыполнении этих требований схема теряет наглядность, выглядит «нестандартно».

Одним из средств, облегчающих черчение схем, являются трафареты — пластины из какого-либо тонкого прозрачного материала (органическое стекло, целлулоид, винипроз и т. п.) с прорезами. Такие трафареты уже описывались в радиолюбительской литературе (см., например, «Радио», 1969, № 12), однако пользоваться ими довольно сложно. Дело в том, что условные обозначения многих элементов (электровакуумных и полупроводниковых приборов, громкоговорителей и т. п.) имеют такую графику, что изготовить тра-

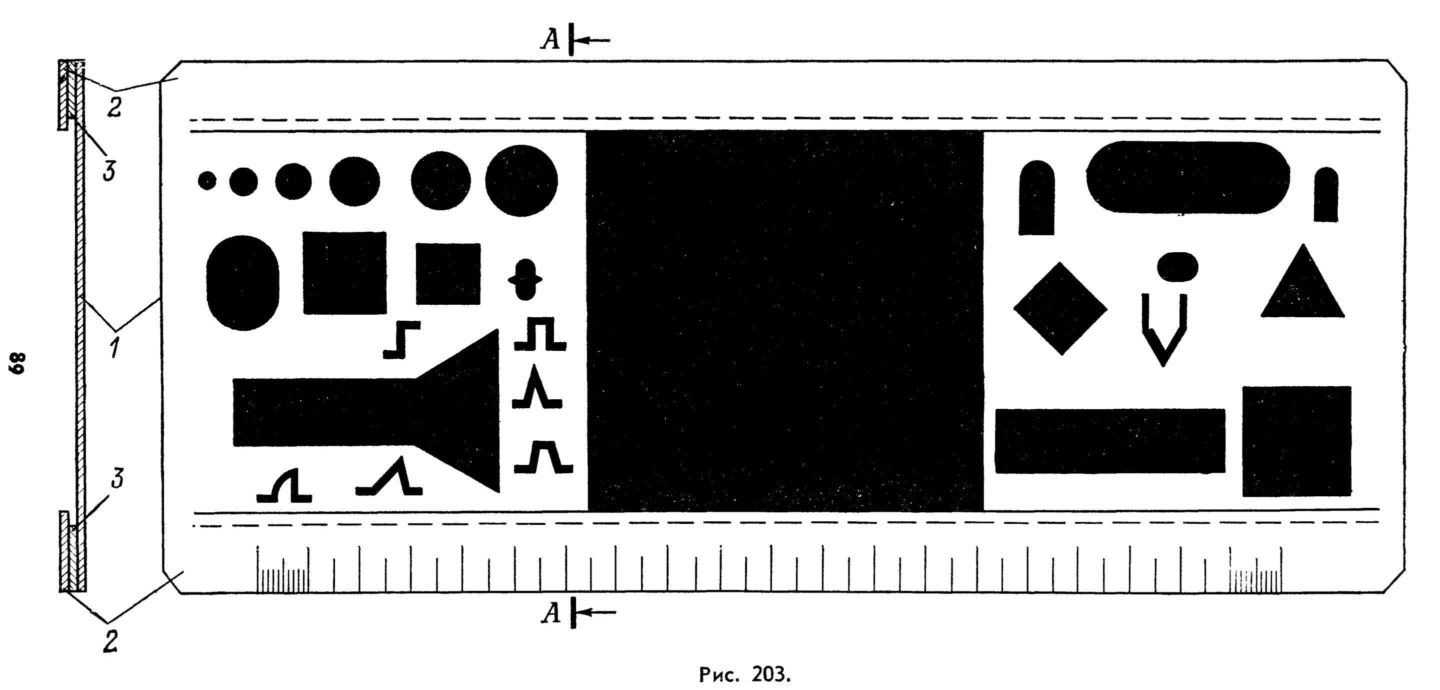


Рис. 203.

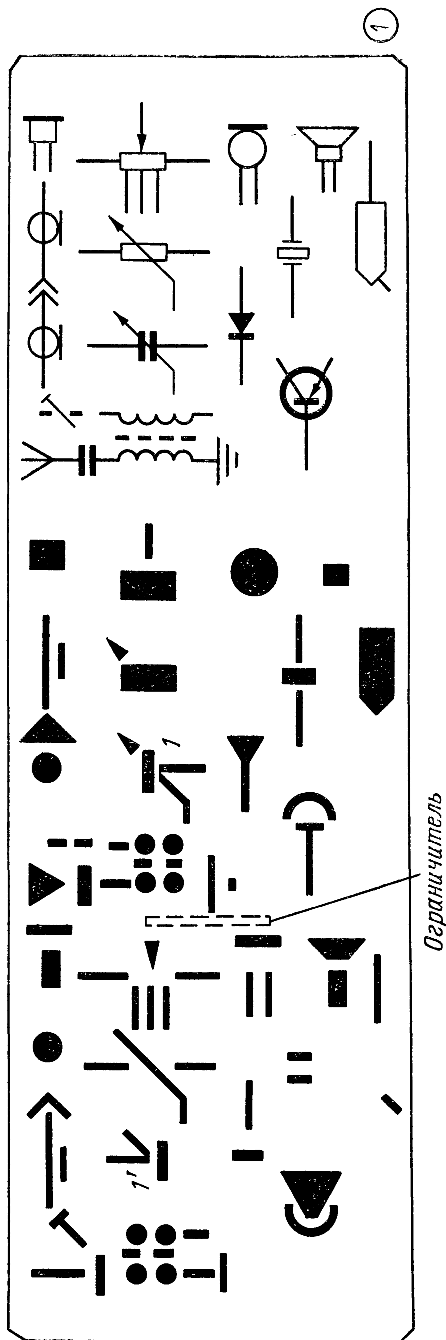


Рис. 204.

фарет для вычерчивания их за один прием невозможно. У других обозначений символы составных частей расположены настолько близко друг к другу, что это затрудняет изготовление трафарета. В результате для вычерчивания большинства символов электро- и радиоэлементов приходится пользоваться несколькими отверстиями, расположенными в разных местах трафарета, совмещая каждое очередное отверстие с уже вычерченной частью символа. Таким образом, основная трудность при работе с такими трафаретами именно в совмещении отверстий.

Эта задача удачно решена в устройстве для вычерчивания схем, предложенном М. Г. Павловым из г. Люберцы. Его приспособление состоит из рамки и набора сменных вкладышей (трафаретов). Все детали изготовлены из прозрачного винипроза толщиной 0,45 мм. Рамка состоит из пластины **1** (рис. 203) с прямоугольным вырезом в середине. К рамке приклеены полосы **2** и **3**, образующие своеобразный канал (по типу пенала), в котором помещается трафарет. На пластине **2** нанесены деления через 1 мм. В левой и правой частях рамки вырезаны круглые, овальные, квадратные и прямоугольные отверстия, предназначенные для черчения элементов условных обозначений структурных и принципиальных схем (общее обозначение устройств на структурных схемах, баллоны электронной лампы, декатрона, электроннолучевых приборов и т. д.). Кроме того, имеются отверстия для вычерчивания обозначений термопары, подогревателя, изображений импульсов различной формы.

Отверстия для вычерчивания символов элементов, наиболее часто встречающихся в принципиальных схемах, вырезаны во вкладышах (рис. 204—206). С обратной стороны правой части вкладыша нанесены

2

Рис. 205.

3

Рис. 206.

мягким карандашом условные графические обозначения, которые можно вычертить, пользуясь данным вкладышем. Их изображения покрыты белой нитроэмалью, что создает необходимый фон для лучшего зрительного восприятия символов. В левой и средней частях вкладышей вырезаны отверстия для черчения элементов этих символов, причем их взаимное расположение в точности такое же, как и в правой части. Размеры отверстий выбраны с таким расчетом, чтобы вычерченные с их помощью условные графические обозначения имели размеры, установленные ГОСТ 2.747—68 (ЕСКД). Нужно учесть, что при вычерчивании трафаретов (рис. 203—206) следует перефотографировать с увеличением в 1,5 раза.

Вкладыш с необходимыми условными обозначениями вставляют в канал рамки и совмещают их края. Найдя в средней части вкладыша соответствующее отверстие (или группу отверстий), обводят его остроэаточенным карандашом или шариковой авторучкой. Затем, прижав рамку к бумажному листу, на котором чертят схему, вкладыш сдвигают вправо и обводят недостающие элементы вычерчиваемого символа. Правильное взаимное расположение всех элементов обозначений обеспечивается с помощью ограничителей — узких полосок из органического стекла толщиной 1,5 мм, приклеенных к вкладышам с обратной стороны (на рисунке показаны штриховой линией). Благодаря им вкладыш можно фиксировать в двух положениях. В крайнем левом положении (края рамки и вкладыша совпадают) ограничитель упирается в левый край отверстия в рамке, в крайнем правом (вкладыш выдвинут вправо на одну треть) — в его правый край.

Рассмотрим на конкретном примере, как чертят условные графические обозначения элементов радиоустройств с помощью описываемых трафаретов. Пусть требуется изобразить на схеме конденсатор переменной емкости. Его символ изображен в правой части вкладыша № 1. Вставляем этот вкладыш в канал рамки, совмещаем их края и кладем на бумагу с таким расчетом, чтобы отверстия, помеченные на чертеже этого вкладыша цифрой *1*, оказались в том месте схемы, где должно быть обозначение конденсатора переменной емкости. Обведя контуры этих отверстий остроэаточенным карандашом, сдвигаем движок вправо (до упора) и дорисовываем недостающие элементы обозначения, пользуясь отверстиями в левой части вкладыша (помечены цифрой *1'*).

Аналогично вычерчиваем условные графические обозначения и других элементов, изображенных в правой части вкладыша (микрофон, громкоговоритель и т. д.).

В комплекте имеются вкладыши, с помощью которых можно вычертить целые участки схем (вкладыш № 2, рис. 205), законченные схемы функциональных устройств (вкладыш № 3, рис. 206). При необходимости можно изготовить дополнительные вкладыши с отверстиями для черчения других обозначений и участков схем, наиболее часто встречающихся в практике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ГОСТ 2.701—68. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.

ГОСТ 2.702—69. Правила выполнения электрических схем.

ГОСТ 2.721—68. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.

ГОСТ 2.722—68. Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические.

ГОСТ 2.723—68. Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы и магнитные усилители.

ГОСТ 2.724—68. Обозначения условные графические в схемах. Электромагниты.

ГОСТ 2.725—68. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутирующие.

ГОСТ 2.727—68. Обозначения условные графические в схемах. Разрядники; предохранители.

ГОСТ 2.728—68. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы; конденсаторы.

ГОСТ 2.729—68. Обозначения условные графические в схемах. Приборы электроизмерительные.

ГОСТ 2.730—68. Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые.

ГОСТ 2.731—68. Обозначения условные графические в схемах. Приборы электровакуумные.

ГОСТ 2.732—68. Обозначения условные графические в схемах. Источники света.

ГОСТ 2.734—68. Обозначения условные графические в схемах. Линии сверхвысокой частоты и их элементы.

ГОСТ 2.735—68. Обозначения условные графические в схемах. Антенны.

ГОСТ 2.736—68. Обозначения условные графические в схемах. Элементы пьезоэлектрические и магнитострикционные; линии задержки.

ГОСТ 2.737—68. Обозначения условные графические в схемах. Устройства связи.

ГОСТ 2.741—68. Обозначения условные графические в схемах. Приборы акустические.

ГОСТ 2.742—68. Обозначения условные графические в схемах. Источники тока электрохимические.

ГОСТ 2.743—68. Обозначения условные графические в схемах. Элементы и устройства цифровой вычислительной техники.

ГОСТ 2.747—68. Обозначения условные графические в схемах. Размеры условных графических обозначений.

ГОСТ 2.750—68. Обозначения условные графические в схемах. Род тока и напряжения; виды соединения обмоток; формы импульсов.

ГОСТ 2.751—68. Обозначения условные графические в схемах. Линии электрической связи, провода, кабели, шины и их соединения.

Квасницкий В. Н., Левинтов А. Г., Юрин О. Н. Электрические схемы в радиоэлектронике и приборостроении. М., «Связь», 1971.

Згут М. А. Условные обозначения и радиосхемы. М., «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека, вып. 557).

Борноволоков Э. П. Как читать радиосхемы. — «Радио», 1966, № 1 и 2.

Волгов В. А. Детали и узлы радиоэлектронной аппаратуры (конструирование и расчет). М., «Энергия», 1967.

Васильев В. А. Транзисторный приемник начинающего. — «Радио», 1966, № 1.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Владимир
Васильевич
ФРОЛОВ

Редактор Р. М. МАЛИНИН
Редактор издательства Т. В. ЖУКОВА
Художественный редактор
Д. И. ЧЕРНЫШЕВ
Технический редактор
Л. А. МОЛОДЦОВА
Обложка художника Е. Н. НИКИТИНА
Корректор А. К. УЛЕГОВА

ЯЗЫК
РАДИО-
СХЕМ

Сдано в набор 6/XI 1973 г. Подписано к печати 5/VI 1974 г. Т11216. Формат 60×90[1]/16. Бумага типографская № 3. Печ. л. 6. Уч.-изд. л. 7,8. Тираж 80 000 экз. Зак. 1227. Цена 32 коп.

Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Ордена Трудового Красного Знамени Ленинградская типография № 1 «Печатный Двор» имени А. М. Горького Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 197136, Ленинград, П-136, Гатчинская ул., 26.

Цена 32 коп.

